



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**  
Facultad de Ingeniería

LABORATORIO  
**GIGA**



**INFORME TÉCNICO FINAL DE CALIDAD DE AIRE DE LA CAMPAÑA DE MONITOREO EN LA SUBREGIÓN VALLES DE SAN NICOLÁS DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CORNARE-UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA NÚMERO 374-2022 QUE TIENE COMO OBJETO DESARROLLAR LA CAMPAÑA DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE MANERA SIMULTÁNEA EN CUATRO (4) PUNTOS, UBICADOS EN LA SUBREGIÓN VALLES DE SAN NICOLÁS Y EN LA ZONA CALERA DE LA SUBREGIÓN BOSQUES, REALIZANDO EL MUESTREO Y EVALUACIÓN DE LOS CONTAMINANTES  $PM_{10}$  Y  $PM_{2,5}$ , Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE FILTROS DE MATERIAL PARTICULADO.**

**ELABORADO POR**

**LABORATORIO DEL GRUPO DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL - LABGIGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**MEDELLÍN**

**2023-05-15**

**TABLA DE CONTENIDO**

**1 INTRODUCCIÓN .....9**

**2 OBJETIVOS .....10**

    2.1 OBJETIVO GENERAL .....10

    2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....10

**3 INFORMACIÓN GENERAL DEL CLIENTE .....11**

**4 NORMATIVA COLOMBIANA VIGENTE.....12**

    4.1 RESOLUCIÓN 2254 DEL 2017 .....12

**5 METODOLOGIA.....13**

    5.1 PUNTOS DE MONITOREO .....13

        5.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO.....14

    5.2 MÉTODO .....16

        5.2.1 PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 2,5 MICRAS (PM<sub>2,5</sub>) .....17

        5.2.2 PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS H1VOL (PM<sub>10</sub>) .....18

    5.3 VARIABLES METEOROLÓGICAS.....19

    5.4 PARÁMETROS EVALUADOS.....19

    5.5 EQUIPOS UTILIZADOS DURANTE EL MONITOREO .....21

**6 RESULTADOS .....24**

    6.1 MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>.....24

        6.1.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE .....24

        6.1.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA.....26

    6.2 MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS – PM<sub>10</sub> .....27

        6.2.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE .....27

        6.2.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA.....29

    6.3 METEOROLOGÍA.....31

        6.3.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE .....31

        6.3.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA.....41

<b>7</b>	<b>OPINIONES E INTERPRETACIONES/DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD.....</b>	<b>51</b>
7.1	PARTÍCULAS MENOSRES A 2,5 MICRAS – PM <sub>2,5</sub> .....	52
7.1.1	<i>ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE .....</i>	<i>52</i>
7.1.2	<i>ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA.....</i>	<i>54</i>
7.2	PARTÍCULAS MENOSRES A 10 MICRAS – PM <sub>10</sub> .....	57
7.2.1	<i>ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE .....</i>	<i>57</i>
7.2.2	<i>ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA.....</i>	<i>60</i>
7.3	RELACIÓN ENTRE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS – PM <sub>10</sub> Y PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS – PM <sub>2,5</sub> .....	63
7.3.1	<i>ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE .....</i>	<i>63</i>
7.3.2	<i>ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA.....</i>	<i>64</i>
7.4	MEDIAS MENSUALES DE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS – PM <sub>10</sub> Y PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS – PM <sub>2,5</sub> .....	65
7.4.1	<i>ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE .....</i>	<i>65</i>
7.4.2	<i>ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA.....</i>	<i>66</i>
7.5	COMPORTAMIENTO SEMANAL DE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS – PM <sub>10</sub> Y PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS – PM <sub>2,5</sub> .....	67
7.5.1	<i>ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE .....</i>	<i>67</i>
7.5.2	<i>ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA.....</i>	<i>68</i>
<b>8</b>	<b>INDICE DE CALIDAD DE AIRE – ICA .....</b>	<b>69</b>
8.1	INDICE DE CALIDAD DE AIRE – MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2,5 MICRAS – PM <sub>2,5</sub> 72	
8.1.1	<i>ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE .....</i>	<i>72</i>
8.1.2	<i>ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA.....</i>	<i>73</i>
8.2	INDICE DE CALIDAD DE AIRE – MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS – PM <sub>10</sub> 75	
8.2.1	<i>ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE .....</i>	<i>75</i>

8.2.2	ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA.....	76
9	CONCLUSIONES.....	78
10	RESPONSABILIDAD.....	81
11	NOTAS DE CAMBIO.....	82
12	BIBLIOGRAFÍA.....	83
	ANEXO 1. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN.....	84
	ANEXO 2. RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN LABGIGA.....	85
	ANEXO 3. RESOLUCIÓN ACREDITACIÓN LABORATORIOS SUBCONTRATADOS.....	86
	ANEXO 4. RESULTADOS LABORATORIO.....	87
	ANEXO 5. REPORTES A SISAIRE.....	88
	ANEXO 6. BASES DE DATOS.....	89

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire..... 12

Tabla 2 . Ubicación puntos de monitoreo..... 13

Tabla 3. Parámetros a evaluar en los puntos Guarne y Marinilla..... 20

Tabla 4 Equipos utilizados para el monitoreo..... 21

Tabla 5. Concentraciones de PM<sub>2,5</sub> medidas en Guarne..... 24

Tabla 6. Concentraciones de PM<sub>2,5</sub> medidas en Marinilla. .... 26

Tabla 7. Concentraciones de PM<sub>10</sub> medidas en Guarne..... 28

Tabla 8. Concentraciones de PM<sub>10</sub> medidas en Marinilla..... 29

Tabla 9. Promedio diario de las variables meteorológicas en Guarne..... 31

Tabla 10. Promedio horario de las variables meteorológicas en Guarne..... 35

Tabla 11. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, Alcaldía de Guarne..... 39

Tabla 12. Promedio diario de las variables meteorológicas en Marinilla ..... 42

Tabla 13. Promedio horario de las variables meteorológicas en Marinilla ..... 45

Tabla 14. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, Hospital San Juan de Dios.  
..... 49

Tabla 15. Puntos de corte ICA ..... 70

Tabla 16. Categorías del Índice de Calidad del Aire..... 71

Tabla 17. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>2,5</sub>, Alcaldía de Guarne..... 72

Tabla 18. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>2,5</sub>, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.  
..... 74

Tabla 19. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>10</sub>, Alcaldía de Guarne. .... 75

Tabla 20. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>10</sub>, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.  
..... 77

### LISTA DE IMÁGENES O FOTOS

Imagen 1. Ubicación punto de monitoreo Alcaldía de Guarne. Fuente: Google Earth...	14
Imagen 2. Punto de monitoreo Alcaldía de Guarne. ....	15
Imagen 3. Ubicación punto de monitoreo Hospital de Marinilla. Fuente: Google Earth	16
Imagen 4. Punto de monitoreo Marinilla.....	16
Imagen 5. Operación TE Wilbur.....	18
Imagen 6. Operación muestreador TE 6070.....	18
Imagen 7. Equipos utilizados en el monitoreo .....	23

### LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, Alcaldía de Guarne. ....	37
Gráfica 2. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Alcaldía de Guarne.....	38
Gráfica 3. Rosa de vientos, Alcaldía de Guarne. ....	39
Gráfica 4. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, Alcaldía de Guarne. ....	40
Gráfica 5. Rosa de vientos diurna (izquierda) y rosa de vientos nocturna (derecha), Alcaldía de Guarne.....	41
Gráfica 6. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.....	47
Gráfica 7. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.....	48
Gráfica 8. Rosa de vientos, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.....	49
Gráfica 9. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. ....	51
Gráfica 10. Rosa de vientos diurna (izquierda) y rosa de vientos nocturna (derecha), Hospital San Juan de Dios de Marinilla .....	51
Gráfica 11. Variación diaria de la concentración de $PM_{2,5}$ , Alcaldía de Guarne.....	53
Gráfica 12. Variación diaria de la concentración de $PM_{2,5}$ y la velocidad del viento, Alcaldía de Guarne.....	53
Gráfica 13. Variación diaria de la concentración de $PM_{2,5}$ y la precipitación, Alcaldía de Guarne.....	54
Gráfica 14. Variación diaria de la concentración de $PM_{2,5}$ , Hospital San Juan de Dios de Marinilla. ....	55
Gráfica 15. Variación diaria de la concentración de $PM_{2,5}$ y la velocidad del viento, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. ....	56
Gráfica 16. Variación diaria de la concentración de $PM_{2,5}$ y la precipitación, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. ....	57
Gráfica 17. Variación diaria de la concentración de $PM_{10}$ , Alcaldía de Guarne.....	58
Gráfica 18. Variación diaria de la concentración de $PM_{10}$ y la velocidad del viento, Alcaldía de Guarne. ....	59

Gráfica 19. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la precipitación, Alcaldía de Guarne..... 60

Gráfica 20. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub>, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. .... 61

Gráfica 21. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la velocidad del viento, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. .... 62

Gráfica 22. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la precipitación, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. .... 63

Gráfica 23. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Alcaldía de Guarne. 64

Gráfica 24. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Hospital San Jaun de Dios de Marinilla. .... 65

Gráfica 25. Medias mensuales de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Alcaldía de Guarne..... 66

Gráfica 26. Medias mensuales de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Hospital San Jaun de Dios de Marinilla. .... 67

Gráfica 27. Comportamiento semanal de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Alcaldía de Guarne. .... 68

Gráfica 28. Comportamiento semanal de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Hospital San Jaun de Dios de Marinilla. .... 69



## 1 INTRODUCCIÓN

La Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare, CORNARE, mediante el Convenio Interadministrativo N° 374 de 2022, interesada en conocer la calidad del aire en cuatro puntos ubicados en la subregión Valles de San Nicolás y en las Zona Calera de la Subregión Bosques, realizando el muestreo y evaluación de contaminantes  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ , en conjunto con la verificación metrológica de los medidores de partículas y variables meteorológicas de La Corporación, contrató al Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental – LabGIGA de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, el cual se encuentra acreditado bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM – bajo Resolución No. 0651 del 02 de julio de 2021, para realizar dicho trabajo.

Las adecuaciones eléctricas, montaje y calibración en los municipios de Marinilla y Guarne tuvieron lugar entre el 15 y 18 de diciembre de 2022, y el muestreo de calidad del aire de la campaña comenzó el 20 de diciembre de 2022 y finalizó el 31 de marzo de 2023, el cual tuvo una frecuencia de tres (03) días en la toma de muestra de los parámetros  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ .

El equipo de trabajo está compuesto por:

### **Coordinador de Laboratorio**

David Aguiar Gil

### **Directora Técnica**

Olga Cecilia Berrío Álvarez

### **Directora de Gestión**

Claudia Lucía Zuluaga Echeverry

### **Coordinadora de Logística**

Kelly Yohana Ramírez Gómez

### **Profesional Analista**

Ever Emilio Núñez Bustamante

Isamar Álvarez Cerquera

### **Auxiliar de Ingeniería**

**Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA**

**Dirección:** Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ **Dirección de correspondencia:** Calle 70 No. 52 - 21

**Teléfono:** [57+4] 219 5592 ▪ **Correo electrónico:** [laboratoriogiga@udea.edu.co](mailto:laboratoriogiga@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia

Adolfo Trejos Correa

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del aire por medio del monitoreo y análisis de contaminantes criterio, en cuatro (4) puntos de monitoreo, en la subregión Valles de San Nicolás y la Zona Calera de la subregión Bosques.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Monitorear los niveles de  $PM_{2,5}$  y  $PM_{10}$  en dos (2) puntos de monitoreo, en la subregión Valles de San Nicolás.
- Determinar el estado de la calidad del aire mediante la aplicación del índice de calidad del aire (ICA).
- Analizar el comportamiento de los contaminantes de acuerdo con las condiciones meteorológicas presentadas en los días de monitoreo.

### 3 INFORMACIÓN GENERAL DEL CLIENTE

<b>Nombre ó Razón Social</b>	CORNARE; Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare
<b>NIT</b>	890.985.138-3
<b>Persona de contacto de la empresa</b>	Juan Fernando Zapata
<b>Cargo</b>	Supervisor convenio 374-2022
<b>Teléfono</b>	6045461616 Ext 271
<b>Correo electrónico</b>	jzapata@cornare.gov.co
<b>Dirección de la empresa</b>	Carrera 59 Número 44-48, Kilometro 54
<b>Municipio/Departamento</b>	El Santuario, Antioquia
<b>Código CIU</b>	8413
<b>Actividad principal de la empresa</b>	Regulación de las actividades de organismos que prestan servicios de salud, educativos, culturales y otros servicios sociales, excepto servicios de seguridad social

## 4 NORMATIVA COLOMBIANA VIGENTE

### 4.1 RESOLUCIÓN 2254 DEL 2017

La Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS – por la cual adopta la norma de calidad de aire ambiente y se dictan otras disposiciones, establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión a condiciones de referencia (25 ° C y 760 mm Hg) y adopta disposiciones para la gestión del recurso aire en el territorio nacional, con el objetivo de garantizar un ambiente sano y minimizar el riesgo sobre la salud humana que pueda ser causado por la exposición a los contaminantes en la atmósfera.

En la Tabla 1. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire se presentan los niveles máximos permisibles para contaminantes criterio que rigen a partir del 01 de enero de 2018.

**Tabla 1. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire**

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible Resolución 2254 del 2017	Tiempo de exposición
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	50	Anual
		100	24 horas
PM <sub>2,5</sub>	µg/m <sup>3</sup>	25	Anual
		50	24 horas
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	50	24 horas
		100	1 hora
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	60	Anual
		200	1 hora
O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	100	8 horas

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible Resolución 2254 del 2017	Tiempo de exposición
		5000	8 horas
CO	µg/m <sup>3</sup>	35000	1 hora

Fuente: Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017

Es importante aclarar que la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017, establece en el Parágrafo 1 del Artículo 2 que, a partir del 1 de julio de 2018, los niveles máximos permisibles de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> para un tiempo de exposición 24 horas serán de 75 µg/m<sup>3</sup> y 37 µg/m<sup>3</sup> respectivamente.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 PUNTOS DE MONITOREO

Para la evaluación de la calidad del aire en las zonas de interés, se ubicaron dos (2) puntos de monitoreo, uno en el municipio de Guarne y otro ubicado en el municipio de Marinilla, ambos de la subregión Valles de San Nicolás. Estos puntos se ubicaron teniendo en cuenta los criterios de diseño para un sistema de vigilancia de calidad del aire establecidos en el capítulo 5.7.5 del Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire del MAVDT. A continuación, se realiza una descripción de cada punto de monitoreo seleccionado (Tabla 2).

Tabla 2 . Ubicación puntos de monitoreo

Código sitio de monitoreo	Fecha o periodo de monitoreo	Descripción sitio de monitoreo	Coordenadas Geográficas*		Altitud (msnm)
			Latitud	Longitud	
22-074 - 3	2022-12-20 a 2023-03-31	Alcaldía de Guarne	06° 16'48.5"N	75° 26'31.3"W	2120
22-074 - 4	2022-12-20 a 2023-03-31	Hospital San Juan de Dios, Marinilla	06° 10'27,21"N	75° 20'21,93"W	2105

\*Las coordenadas están dadas en grados, minutos y segundos

### 5.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

**Alcaldía de Guarne:** La estación se encuentra ubicada en el casco urbano del municipio de Guarne, localizado en la dirección Carrera 50 No. 50 – 02, correspondiente al edificio de la Alcaldía municipal. La estación no tiene presencia de vegetación, ni obstáculos considerables en sus alrededores, lo cual garantiza la representatividad en la toma de las muestras de acuerdo con los lineamientos establecidos por el Protocolo de Calidad del Aire del Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial en octubre de 2010.



Imagen 1. Ubicación punto de monitoreo Alcaldía de Guarne. Fuente: Google Earth

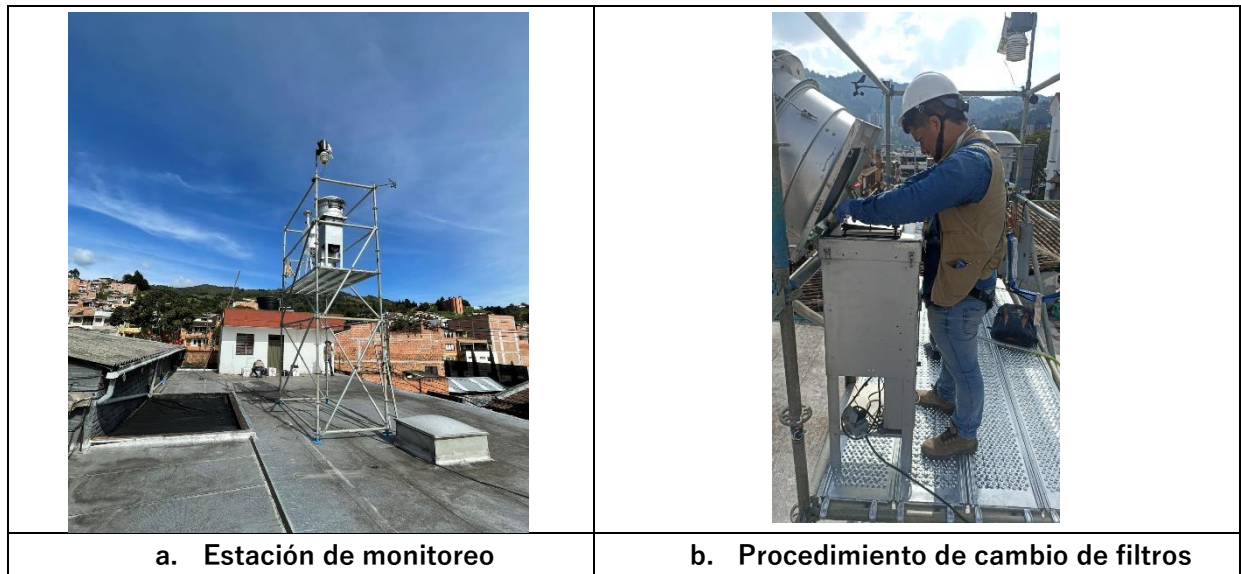
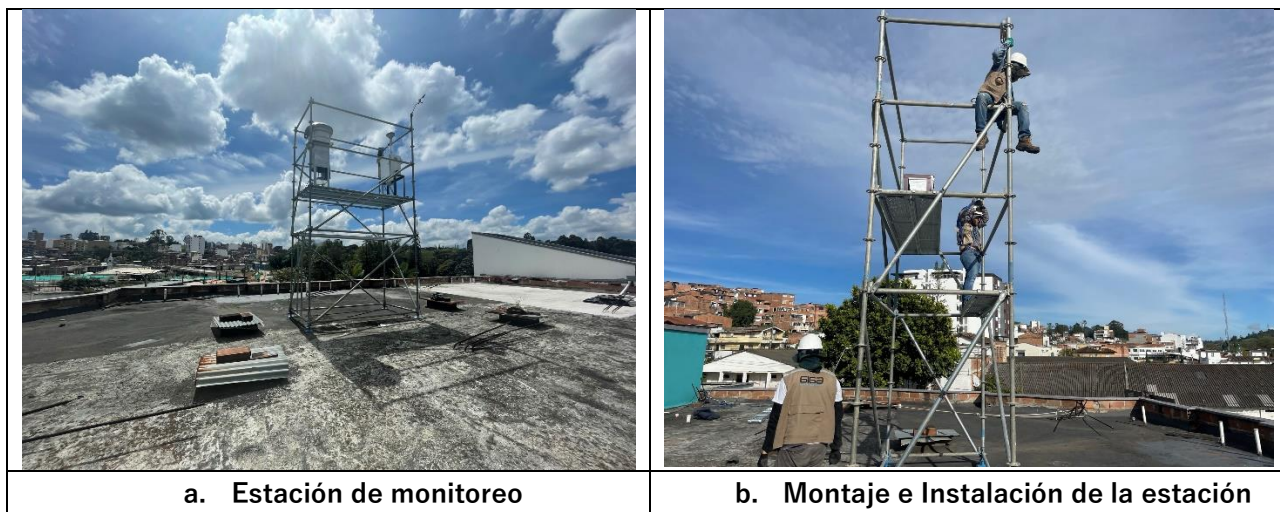


Imagen 2. Punto de monitoreo Alcaldía de Guarne.

**Hospital San Juan de Dios de Marinilla:** La estación se encuentra ubicada en el casco urbano del municipio de Marinilla, localizado en la dirección Carrera 36 No. 28 – 85, correspondiente al Hospital San Juan de Dios. La estación no tiene presencia de vegetación, ni obstáculos considerables en sus alrededores, lo cual garantiza la representatividad en la toma de las muestras de acuerdo con los lineamientos establecidos por el protocolo de calidad del aire del Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial en octubre de 2010.



Imagen 3. Ubicación punto de monitoreo Hospital de Marinilla. Fuente: Google Earth



a. Estación de monitoreo

b. Montaje e Instalación de la estación

Imagen 4. Punto de monitoreo Marinilla.

## 5.2 MÉTODO

Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA

Dirección: Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ Dirección de correspondencia: Calle 70 No. 52 - 21

Teléfono: [57+4] 219 5592 ▪ Correo electrónico: [laboratorigi@udea.edu.co](mailto:laboratorigi@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia



El muestreo de contaminantes en ambiente se desarrolló de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Protocolo para el Muestreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT y a los métodos establecidos por la Environmental Protection Agency – EPA de los Estados Unidos.

### 5.2.1 PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 2,5 MICRAS (PM<sub>2,5</sub>)

El método de referencia para el muestreo de PM<sub>2,5</sub> en la atmósfera se encuentra consignado en el Código Federal de Regulación - CFR Título 40, Parte 50, Apéndice L. Este método permite medir la concentración de estas partículas por medio de un muestreador de bajo volumen (Low-Vol PM<sub>2,5</sub>) debidamente instalado y calibrado (Ver Imagen 5).

El muestreador TE-Wilbur es un equipo muestreador de partículas en el aire designado por la USEPA para la recolección de partículas de PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>. El equipo posee un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI O UPS siglas en inglés) el cual está incorporado en el sistema permitiendo que siga funcionando durante varias horas durante una pérdida de potencia. El flujo de la muestra de aire es succionado a un caudal de 16.7 L/min, el flujo volumétrico se controla a través de un medidor de flujo de masa integrado y sensores de presión y temperatura ambiente a bordo. La configuración e intercambio de los filtros se logra a través del mecanismo de intercambio de filtros diseñado por Tisch que permite una fácil operación con una sola mano. Además, el mecanismo de cambio de filtro no requiere un ajuste continuo para sellar su filtro contra fugas (ver Imagen 5). El método de referencia de la EPA del muestreador para PM<sub>2,5</sub> se encuentra consignado en la Designación Nro. RFPS-1014-219 y el método de referencia de la EPA para PM<sub>10</sub> se encuentra consignado en la Designación Nro. RFPS-0714-216.

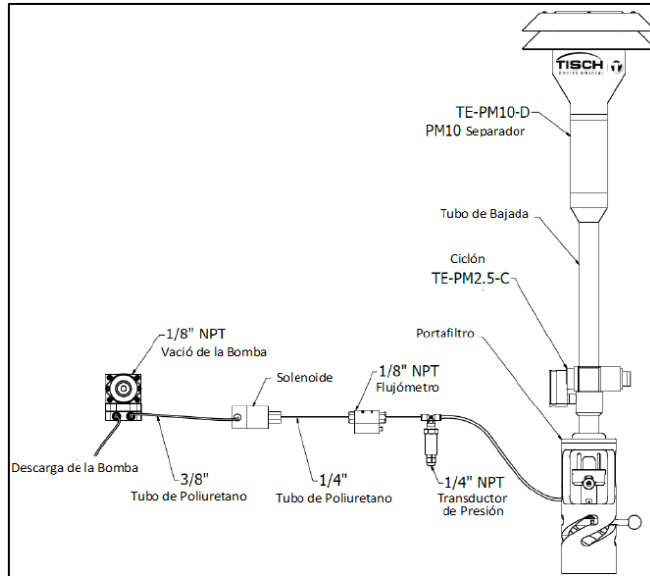


Imagen 5. Operación TE Wilbur.

### 5.2.2 PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS HIVOL (PM<sub>10</sub>)

El método de referencia para el muestreo de PM<sub>10</sub> en la atmósfera se encuentra consignado en el Código Federal de Regulación - CFR Título 40, Parte 50, Apéndice J. Este método permite medir la concentración de estas partículas por medio de un muestreador de alto volumen (Hi-Vol PM<sub>10</sub>) debidamente instalado y calibrado (Imagen 6).

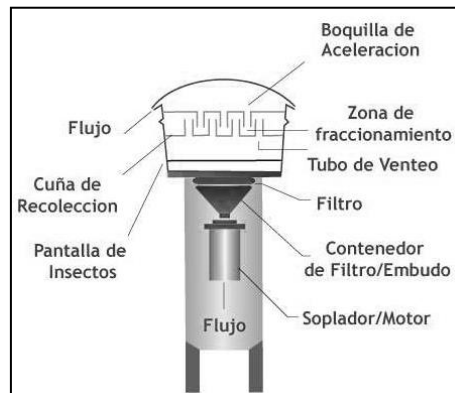


Imagen 6. Operación muestreador TE 6070.

Este equipo succiona a través de un filtro de cuarzo una cantidad determinada de aire, a razón de  $1,13 \text{ m}^3/\text{minuto} \pm 10\%$ , al interior de una caseta o coraza de protección, durante un período de muestreo de  $24 \pm 1$  horas. El filtro se pesa en el laboratorio bajo condiciones de humedad y temperatura controladas, antes y después de su utilización, para determinar la ganancia de peso neto (masa). El volumen total de aire muestreado, corregido a condiciones de referencia ( $25^\circ \text{ C}$  y  $760 \text{ mmHg}$ ), se determina a partir del caudal de aire ambiente medido y del tiempo de muestreo. La concentración de partículas menores que 10 micras en el aire se calcula dividiendo la masa de partículas colectadas en el filtro por el volumen de aire muestreado y se expresa en microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a condiciones de referencia. El método de referencia de la EPA de este muestreador se encuentra consignado en la Designación Nro. RFPS-0202-141.

### 5.3 VARIABLES METEOROLÓGICAS

Las variables meteorológicas complementarias para el análisis de contaminantes durante el tiempo de monitoreo se llevan a cabo mediante elementos específicamente diseñados para este propósito. En las estaciones de calidad del aire ubicadas en los municipios de Guarne y Marinilla, se lleva a cabo la recolección de datos de Humedad relativa (%), temperatura( $^\circ \text{ C}$ ), presión barométrica(mmHg), precipitación (mm), velocidad del viento (m/s) y dirección del viento ( $^\circ$ ), para este propósito se usan estaciones meteorológicas marca Davis modelo Vantage Pro

### 5.4 PARÁMETROS EVALUADOS

La toma de muestras fue realizada por el LABGIGA acreditado bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM – bajo la Resolución N° 0651 de 02 de julio de 21. En la Tabla 3 se especifican los parámetros evaluados y el método de análisis correspondiente.

**Tabla 3. Parámetros a evaluar en los puntos Guarne y Marinilla**

Contaminante	Método de referencia
Toma de muestra para la determinación de Material Particulado como PM <sub>2,5</sub> *	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen. Método de referencia manual: RFPS-0498-117**
Toma de muestra para la determinación de Material Particulado como PM <sub>2,5</sub> *	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen. Método de referencia manual: RFPS-1014-219**
Toma de muestra para la determinación Material Particulado como PM <sub>10</sub> *	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen. Método de referencia manual: RFPS-0202-141**
Análisis de Laboratorio para la determinación Material Particulado como PM <sub>2,5</sub> *	US EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice L. ***
Análisis de Laboratorio para la determinación Material Particulado como PM <sub>2,5</sub> *	US EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen ****
Análisis de Laboratorio para la determinación Material Particulado como PM <sub>10</sub> *	US-EPA CFR Título 40, Capítulo I. Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice J. Método de referencia para la determinación de material particulado como PM10 en la atmósfera, Alto Volumen*****

\* *Parámetro acreditado.*

\*\* *LABGIGA DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0651 del 02 de julio de 2021. Ubicado en la Calle 67 # 53-108, bloque 20-345, Universidad de Antioquia (Ciudad Universitaria).*

\*\*\* *Conhintec S.A.S, acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0859 del 10 de mayo de 2022. Ubicado en la Carrera 78ª #48-35, Medellín – Colombia.*

\*\*\*\* *Aqualab Consulting, acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0433 de 30 de marzo de 2023. Ubicado en Calle 18 #35-69 Oficina 9949, Medellín – Colombia.*

\*\*\*\*\* *LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, acreditado por el IDEAM según Resolución N° 1335 de 8 de noviembre de*

**Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA**

**Dirección:** Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ **Dirección de correspondencia:** Calle 70 No. 52 - 21

**Teléfono:** [57+4] 219 5592 ▪ **Correo electrónico:** [laboratorigi@udea.edu.co](mailto:laboratorigi@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia

2021. Ubicado en la Calle 67 #53-108, bloque 20-244, Universidad de Antioquia (Ciudad Universitaria)

## 5.5 EQUIPOS UTILIZADOS DURANTE EL MONITOREO

Para la determinación de las concentraciones por contaminante y las condiciones meteorológicas se utilizaron los siguientes equipos debidamente calibrados:

**Tabla 4 Equipos utilizados para el monitoreo**

Nombre equipo	N° Serie	Contaminante	Método de referencia	Ubicación
TE-Wilbur	309	PM <sub>2,5</sub>	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen. Método de referencia manual: RFPS-1014-219	Guarne
Muestreador de alto volumen (Hi-vol)- Tisch	1789	PM <sub>10</sub>	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen. Método de referencia manual: RFPS-0202-141	Guarne
Partisol 2000i	200012-0352-1305	PM <sub>2,5</sub>	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen. Método de referencia manual: RFPS-0498-117	Marinilla
Muestreador de alto volumen (Hi-vol)- Tisch	1788	PM <sub>10</sub>	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen. Método de referencia manual: RFPS-0202-141	Marinilla

 <p>Monitor Hi-Vol TE6070</p>	 <p>Calibrador de flujo variable</p>
 <p>Monitor TE Wilbur</p>	 <p>Calibrador streamline Pro</p>
 <p>Estación meteorológica Davis Vantage pro</p>	 <p>Estación meteorológica Davis Vantage pro</p>



**Imagen 7. Equipos utilizados en el monitoreo**

## 6 RESULTADOS

De la Tabla 5. Concentraciones de PM<sub>2,5</sub> medidas en Guarne. a la Tabla 8. Concentraciones de PM<sub>10</sub> medidas en Marinilla., se presentan las concentraciones promedio diarias de partículas menores a 2,5 micras – PM<sub>2,5</sub> y partículas menores a 10 micras – PM<sub>10</sub>, registradas durante los monitoreos realizados desde el 20 de diciembre de 2022 en los puntos de monitoreo de Guarne y Marinilla, además, se presentan las concentraciones promedio para el período monitoreado y los valores máximos y mínimos para cada contaminante evaluado.

Se aclara que las fechas de ingreso de las muestras a los laboratorios subcontratados y las fechas de análisis se especifican en los informes de laboratorio anexos en el informe final.

### 6.1 MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>

#### 6.1.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE

En la estación ubicada en el municipio de Guarne, se invalidó las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> correspondientes al sábado 31 de diciembre, el domingo 15 de enero de 2023 y el 23 de febrero de 2023, debido a fallas técnicas del equipo, fallas eléctricas o las muestras no cumplían con los criterios requeridos en la validación de los datos.

**Tabla 5. Concentraciones de PM<sub>2,5</sub> medidas en Guarne.**

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración
			PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
2022-12-20	Martes	A35859	18,2
2022-12-22	Jueves	A35907	21,3
2022-12-25	Domingo	A35909	25,1
2023-12-28	Miercoles	A35905	17,2
2023-12-31	Sábado	N.D	
2023-01-3	Martes	A35887	9,2



Fecha	Día	ID Filtro	Concentración
			PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
2023-01-6	Viernes	A35881	14,4
2023-01-9	Lunes	A35899	16,9
2023-01-12	Jueves	A35869	12,4
2023-01-15	Domingo	N.D	
2023-01-18	Miercoles	A35873	12,6
2023-01-21	Sábado	A35941	15,9
2023-01-24	Martes	A35937	21,1
2023-01-27	Viernes	A35860	20,9
2023-01-30	Lunes	A35917	19,1
2023-02-2	Jueves	A35924	20,7
2023-02-5	Domingo	A35928	11,2
2023-02-8	Miercoles	A35953	15,6
2023-02-11	Sábado	A35955	6,1
2023-02-14	Martes	A35964	13,6
2023-02-17	Viernes	A35900	10,4
2023-02-20	Lunes	A35943	14,9
2023-02-23	Jueves	N.D	
2023-02-26	Domingo	A35945	20,9
2023-03-1	Miercoles	A35932	6,1
2023-03-4	Sábado	A35950	2,3
2023-03-7	Martes	A35912	3,7
2023-03-10	Viernes	A35984	12,3
2023-03-13	Lunes	A35985	11,9
2023-03-16	Jueves	A35986	7,8
2023-03-19	Domingo	A35978	12,1
2023-03-22	Miercoles	A35975	20,9
2023-03-25	Sábado	A36447	24,9
2023-03-28	Martes	A39679	16,7
2023-03-31	Viernes	A39917	17,6
<b>Promedio</b>			<b>14,8</b>
<b>Máximo</b>			<b>25,1</b>

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración
			PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Mínimo			2,3

N.D.: No Disponible.

### 6.1.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA

En la estación ubicada en el municipio de Marinilla, se invalidaron las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> correspondiente a los días 20, 22 de diciembre de 2022 y 23 de febrero de 2023, debido a fallas técnicas del equipo, fallas eléctricas o por el incumplimiento de los criterios requeridos en la validación de los datos.

**Tabla 6. Concentraciones de PM<sub>2,5</sub> medidas en Marinilla.**

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración
			PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
2022-12-20	Martes		N.D
2022-12-22	Jueves		N.D
2022-12-25	Domingo	A35906	21,4
2023-12-28	Miercoles	A35911	14,5
2023-12-31	Sábado	A35878	19,6
2023-01-3	Martes	A35868	9,0
2023-01-6	Viernes	A35898	12,8
2023-01-9	Lunes	A35895	19,8
2023-01-12	Jueves	A35866	8,8
2023-01-15	Domingo	A35882	7,6
2023-01-18	Miercoles	A35872	10,2
2023-01-21	Sábado	A35938	16,1
2023-01-24	Martes	A35875	16,3
2023-01-27	Viernes	A35864	21,5
2023-01-30	Lunes	A35919	17,7
2023-02-2	Jueves	A35931	12,2
2023-02-5	Domingo	A35926	12,0

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración PM <sub>2,5</sub>
			(µg/m <sup>3</sup> )
2023-02-8	Miercoles	A35965	7,6
2023-02-11	Sábado	A35966	13,4
2023-02-14	Martes	A35958	8,7
2023-02-17	Viernes	A35877	10,5
2023-02-20	Lunes	A35987	5,7
2023-02-23	Jueves	N.D	
2023-02-26	Domingo	A35970	14,4
2023-03-1	Miercoles	A35981	8,3
2023-03-4	Sábado	A35968	8,5
2023-03-7	Martes	A35934	14,0
2023-03-10	Viernes	A35990	11,4
2023-03-13	Lunes	A35974	10,5
2023-03-16	Jueves	A35935	13,8
2023-03-19	Domingo	A35989	9,1
2023-03-22	Miercoles	A35988	15,0
2023-03-25	Sábado	A36448	20,5
2023-03-28	Martes	A39672	10,6
2023-03-31	Viernes	A39915	25,9
<b>Promedio</b>			<b>13,4</b>
<b>Máximo</b>			<b>25,9</b>
<b>Mínimo</b>			<b>5,7</b>

*N.D: No Disponible.*

## 6.2 MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS – PM<sub>10</sub>

### 6.2.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE

En la estación ubicada en el municipio de Guarne, se invalidaron las concentraciones de PM<sub>10</sub> correspondiente al domingo 15 de enero de 2023, el jueves 23 de febrero de 2023 y el 28 de marzo de 2023 debido a fallas técnicas del equipo, fallas eléctricas o las muestras no cumplían con los criterios requeridos en la validación de los datos.

Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA

Dirección: Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ Dirección de correspondencia: Calle 70 No. 52 - 21

Teléfono: [57+4] 219 5592 ▪ Correo electrónico: [laboratoriogiga@udea.edu.co](mailto:laboratoriogiga@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia

**Tabla 7. Concentraciones de PM<sub>10</sub> medidas en Guarne.**

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración PM <sub>10</sub>
			(µg/m <sup>3</sup> )
2022-12-20	Martes	1413	33,4
2022-12-22	Jueves	1426	33,6
2022-12-25	Domingo	1427	31,6
2023-12-28	Miercoles	1439	25,7
2023-12-31	Sábado	1430	41,1
2023-01-3	Martes	1460	18,1
2023-01-6	Viernes	1447	26,4
2023-01-9	Lunes	1451	26,1
2023-01-12	Jueves	1459	24,8
2023-01-15	Domingo	N.D	
2023-01-18	Miercoles	1468	28,0
2023-01-21	Sábado	1441	26,3
2023-01-24	Martes	1531	36,0
2023-01-27	Viernes	1491	41,5
2023-01-30	Lunes	1479	33,6
2023-02-2	Jueves	1500	35,9
2023-02-5	Domingo	1503	27,5
2023-02-8	Miercoles	1509	31,2
2023-02-11	Sábado	1514	30,5
2023-02-14	Martes	1515	24,5
2023-02-17	Viernes	1524	19,1
2023-02-20	Lunes	1536	22,5
2023-02-23	Jueves	N.D	
2023-02-26	Domingo	1539	42,1
2023-03-1	Miercoles	1545	21,1
2023-03-4	Sábado	1549	14,9
2023-03-7	Martes	1554	32,9
2023-03-10	Viernes	1540	21,7
2023-03-13	Lunes	1528	12,0

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración PM <sub>10</sub>
			(µg/m <sup>3</sup> )
2023-03-16	Jueves	1558	19,3
2023-03-19	Domingo	1568	36,1
2023-03-22	Miercoles	1572	21,2
2023-03-25	Sábado	1571	41,2
2023-03-28	Martes	1587	21,3
2023-03-31	Viernes	1591	34,7
<b>Promedio</b>			<b>28,6</b>
<b>Máximo</b>			<b>42,1</b>
<b>Mínimo</b>			<b>12,0</b>

*N.D: No Disponible.*

## 6.2.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA

En la estación ubicada en el municipio de Marinilla, se observa que se invalidó la concentración de PM<sub>10</sub> el día 23 de febrero de 2023, debido a fallas técnicas del equipo, fallas eléctricas o las muestras no cumplían con los criterios requeridos en la validación de los datos.

**Tabla 8. Concentraciones de PM<sub>10</sub> medidas en Marinilla.**

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración PM <sub>10</sub>
			(µg/m <sup>3</sup> )
2022-12-20	Martes	1415	40,5
2022-12-22	Jueves	1423	41,9
2022-12-25	Domingo	1419	25,9
2023-12-28	Miercoles	1438	21,3
2023-12-31	Sábado	1461	38,4
2023-01-3	Martes	1463	9,6
2023-01-6	Viernes	1455	15,1
2023-01-9	Lunes	1446	21,2

Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA

Dirección: Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ Dirección de correspondencia: Calle 70 No. 52 - 21

Teléfono: [57+4] 219 5592 ▪ Correo electrónico: [laboratoriogiga@udea.edu.co](mailto:laboratoriogiga@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración
			PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
2023-01-12	Jueves	1440	14,5
2023-01-15	Domingo	1443	13,0
2023-01-18	Miercoles	1442	12,0
2023-01-21	Sábado	1477	48,7
2023-01-24	Martes	1530	46,3
2023-01-27	Viernes	1492	41,4
2023-01-30	Lunes	1480	33,0
2023-02-2	Jueves	1498	33,1
2023-02-5	Domingo	1506	39,7
2023-02-8	Miercoles	1512	41,2
2023-02-11	Sábado	1513	24,1
2023-02-14	Martes	1504	24,2
2023-02-17	Viernes	1520	27,4
2023-02-20	Lunes	1523	38,9
2023-02-23	Jueves	N.D	
2023-02-26	Domingo	1522	50,4
2023-03-1	Miercoles	1542	37,1
2023-03-4	Sábado	1546	17,9
2023-03-7	Martes	1551	24,9
2023-03-10	Viernes	1495	18,8
2023-03-13	Lunes	1557	10,8
2023-03-16	Jueves	1560	20,8
2023-03-19	Domingo	1563	28,0
2023-03-22	Miercoles	1575	48,9
2023-03-25	Sábado	1583	33,5
2023-03-28	Martes	1581	25,2
2023-03-31	Viernes	1595	41,3
<b>Promedio</b>			<b>29,7</b>
<b>Máximo</b>			<b>50,4</b>
<b>Mínimo</b>			<b>9,6</b>

### 6.3 METEOROLOGÍA

Con el fin de obtener información acerca de la influencia de las condiciones meteorológicas sobre la dispersión y comportamiento de contaminantes en la zona de estudio, se lleva un registro de: Temperatura, presión atmosférica, humedad, precipitación, dirección y velocidad de los vientos.

#### 6.3.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE

En la Tabla 9. Promedio diario de las variables meteorológicas en Guarne.y Tabla 10. Promedio horario de las variables meteorológicas en Guarne., se presentan las condiciones atmosféricas promedio diarias y horarias que se registraron durante cada uno de los días de muestreo de la calidad del aire en el punto ubicado en la Alcaldía del municipio de Guarne. La dirección del viento está determinada por la dirección o punto del horizonte desde donde sopla el viento.

**Tabla 9. Promedio diario de las variables meteorológicas en Guarne.**

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2022-12-20	17,3	82,8	592,2	0	0,7	315	NW
2022-12-21	16,3	88,0	592,0	0	0,5	135	SE
2022-12-22	17,0	86,1	591,9	0	0,7	135	SE
2022-12-23	16,9	86,1	591,8	0	0,6	135	SE
2022-12-24	16,3	88,2	591,6	0	0,6	135	SE
2022-12-25	16,8	86,5	591,3	0	0,6	135	SE
2022-12-26	15,6	90,2	591,8	1,27	0,4	0	N
2022-12-27	16,0	92,8	592,5	6,34	0,6	157,5	SSE
2022-12-28	15,7	88,6	592,8	0	0,6	0	N
2022-12-29	15,8	88,8	592,8	0,25	0,6	337,5	NNW

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2022-12-30	15,7	87,8	592,2	0	0,6	315	NW
2022-12-31	16,1	89,3	592,6	1,27	0,6	135	SE
2023-01-1	15,1	89,5	592,7	0,25	0,6	337,5	NNW
2023-01-2	15,7	87,5	592,1	0	0,5	135	SE
2023-01-3	14,1	94,9	591,0	19,3	0,4	22,5	NNE
2023-01-4	15,5	87,8	590,5	0	0,6	67,5	ENE
2023-01-5	16,1	91,0	590,4	4,31	0,6	135	SE
2023-01-6	15,8	92,9	590,7	37,09	0,5	157,5	SSE
2023-01-7	15,4	93,5	590,9	6,35	0,5	135	SE
2023-01-8	14,6	94,0	591,0	4,31	0,4	337,5	NNW
2023-01-9	15,1	94,6	591,0	3,81	0,5	292,5	WNW
2023-01-10	15,1	95,0	590,8	5,33	0,6	135	SE
2023-01-11	16,1	92,0	590,7	1,76	0,5	292,5	WNW
2023-01-12	16,5	88,5	590,7	1,02	0,6	337,5	NNW
2023-01-13	16,9	88,8	590,2	2,79	0,9	135	SE
2023-01-14	16,5	90,1	590,5	0,76	0,6	45	NE
2023-01-15	16,8	86,6	590,7	0,76	0,7	67,5	ENE
2023-01-16	16,2	87,8	590,2	0	0,7	135	SE
2023-01-17	16,8	89,5	589,7	8,37	0,7	157,5	SSE
2023-01-18	17,5	92,5	589,9	0,76	0,7	135	SE
2023-01-19	17,8	86,1	590,1	0	0,8	22,5	NNE
2023-01-20	16,9	86,2	590,0	0	0,9	292,5	WNW
2023-01-21	17,8	86,4	589,4	0,25	1,0	112,5	ESE
2023-01-22	16,6	88,1	589,1	0	0,7	135	SE
2023-01-23	17,9	83,3	589,8	0	1,1	135	SE
2023-01-24	18,2	82,6	589,7	0	1,1	135	SE
2023-01-25	18,5	83,8	589,3	0	1,0	135	SE
2023-01-26	18,8	83,0	589,1	0	1,0	135	SE
2023-01-27	17,8	78,9	589,4	0	1,0	135	SE

Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA

Dirección: Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ Dirección de correspondencia: Calle 70 No. 52 - 21

Teléfono: [57+4] 219 5592 ▪ Correo electrónico: [laboratorigi@udea.edu.co](mailto:laboratorigi@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia



Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2023-01-28	17,9	79,3	589,1	0	1,0	292,5	WNW
2023-01-29	18,9	79,5	589,0	0	1,0	135	SE
2023-01-30	18,1	85,3	589,6	0	0,8	0	N
2023-01-31	17,4	81,4	589,7	0	0,8	22,5	NNE
2023-02-1	17,1	84,1	589,7	0	0,9	135	SE
2023-02-2	17,9	83,4	589,7	0	0,9	135	SE
2023-02-3	18,6	86,3	589,8	6,35	0,7	135	SE
2023-02-4	17,8	88,4	590,5	0	0,7	337,5	NNW
2023-02-5	19,4	80,3	590,1	0	1,3	135	SE
2023-02-6	18,7	84,3	589,6	0	1,1	135	SE
2023-02-7	18,5	82,5	589,5	0	1,0	135	SE
2023-02-8	18,6	82,0	589,3	0	1,0	135	SE
2023-02-9	18,5	82,5	589,4	0	0,9	135	SE
2023-02-10	19,0	82,3	589,0	0	1,0	135	SE
2023-02-11	18,5	87,4	588,9	0	0,9	135	SE
2023-02-12	17,5	93,2	588,6	1,77	0,4	247,5	WSW
2023-02-13	18,9	87,3	588,9	0,25	1,0	135	SE
2023-02-14	19,4	86,2	589,4	0,25	1,1	135	SE
2023-02-15	19,0	88,7	589,6	14,48	0,8	135	SE
2023-02-16	18,7	90,0	589,3	1,27	0,7	292,5	WNW
2023-02-17	18,6	87,3	589,0	0	0,8	135	SE
2023-02-18	17,6	85,5	589,2	0	0,9	315	NW
2023-02-19	18,7	86,5	589,2	0,51	1,0	135	SE
2023-02-20	18,5	86,3	589,4	0,76	1,0	135	SE
2023-02-21	17,7	85,2	589,7	0,5	0,7	0	N
2023-02-22	16,9	86,5	590,8	0	0,8	157,5	SSE
2023-02-23	18,5	84,0	590,6	0	0,8	337,5	NNW
2023-02-24	19,3	83,1	590,5	0	1,1	135	SE
2023-02-25	18,2	83,9	590,1	0	0,9	135	SE

Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA

Dirección: Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ Dirección de correspondencia: Calle 70 No. 52 - 21

Teléfono: [57+4] 219 5592 ▪ Correo electrónico: [laboratorigi@udea.edu.co](mailto:laboratorigi@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2023-02-26	20,6	82,8	590,0	0	0,9	135	SE
2023-02-27	20,0	82,8	590,0	0	0,9	157,5	SSE
2023-02-28	20,2	80,1	590,2	0,25	1,5	135	SE
2023-03-1	21,1	83,3	590,1	0	1,3	135	SE
2023-03-2	19,8	83,8	589,0	0	1,1	135	SE
2023-03-3	20,0	83,3	588,6	0	1,3	135	SE
2023-03-4	21,3	86,1	589,3	3,29	1,0	135	SE
2023-03-5	18,9	90,2	589,7	8,38	0,6	112,5	ESE
2023-03-6	18,7	89,5	589,8	10,66	0,8	135	SE
2023-03-7	20,1	93,0	590,0	14,48	0,5	135	SE
2023-03-8	17,2	95,2	590,0	24,1	0,6	292,5	WNW
2023-03-9	16,4	95,1	590,4	4,31	0,4	157,5	SSE
2023-03-10	19,6	93,9	590,1	2,02	0,4	157,5	SSE
2023-03-11	16,8	91,9	590,3	14,21	0,7	112,5	ESE
2023-03-12	17,2	93,1	590,7	22,35	0,5	135	SE
2023-03-13	19,5	93,8	591,3	457,92	0,4	22,5	NNE
2023-03-14	17,4	95,0	590,7	1303	0,3	0	N
2023-03-15	16,4	96,5	590,5	151,63	0,2	0	N
2023-03-16	18,1	92,2	590,4	4,32	0,5	337,5	NNW
2023-03-17	17,7	91,2	590,2	2,28	0,6	135	SE
2023-03-18	17,3	95,3	590,4	4,56	0,4	270	W
2023-03-19	18,0	92,0	590,7	1,53	0,6	90	E
2023-03-20	17,9	85,0	590,7	0	1,0	135	SE
2023-03-21	17,0	81,1	590,1	0	0,9	135	SE
2023-03-22	18,0	82,7	590,7	0,25	1,1	135	SE
2023-03-23	18,2	86,9	589,8	1,77	0,8	90	E
2023-03-24	18,4	88,0	589,7	0	0,6	135	SE
2023-03-25	18,2	90,4	589,8	2,02	1,0	135	SE
2023-03-26	18,5	85,2	589,8	0	0,7	135	SE

Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA

Dirección: Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ Dirección de correspondencia: Calle 70 No. 52 - 21

Teléfono: [57+4] 219 5592 ▪ Correo electrónico: [laboratoriogiga@udea.edu.co](mailto:laboratoriogiga@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia

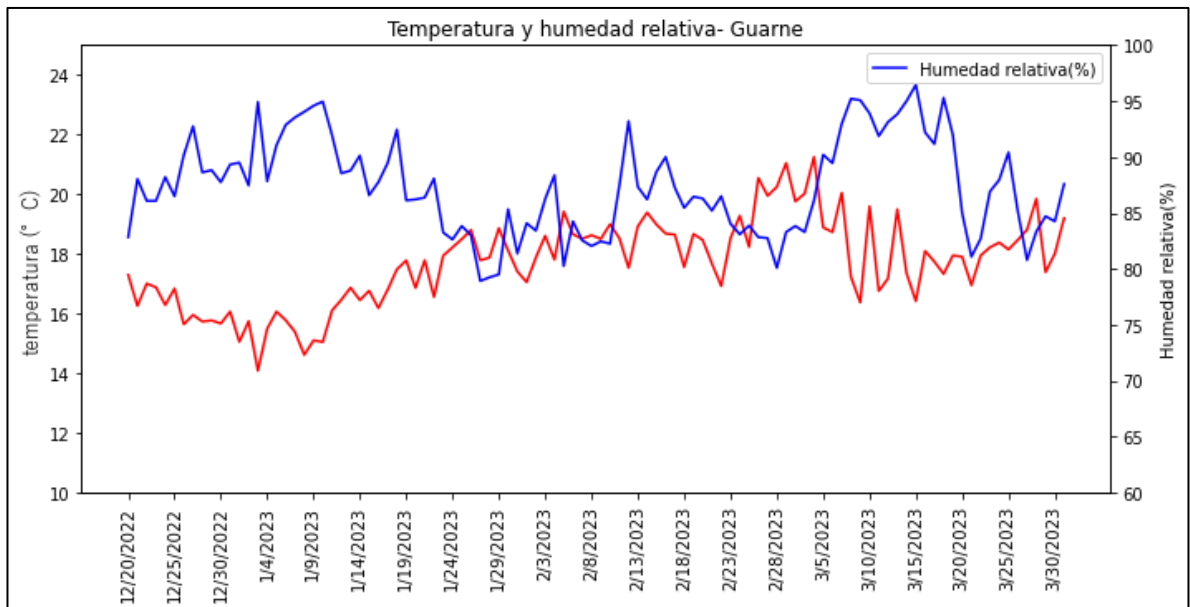
Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2023-03-27	18,8	80,8	589,8	80,51	0,6	45	NE
2023-03-28	19,9	83,3	589,6	2,03	0,4	225	SW
2023-03-29	17,4	84,7	590,0	0	0,4	112,5	ESE
2023-03-30	18,0	84,3	590,7	0	0,8	135	SE
2023-03-31	19,2	87,6	591,3	1,77	1,0	135	SE
<b>Máximo</b>	21,3	96,5	592,8	1303	1,5	N/A	N/A
<b>Mínimo</b>	14,1	78,9	588,6	0	0,2	N/A	N/A
<b>Promedio</b>	17,7	87,4	590,3	---	0,8	N/A	N/A

Tabla 10. Promedio horario de las variables meteorológicas en Guarne.

Hora	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)
0:00	14,5	95,9	586,1	140,98	0,2
1:00	14,2	96,5	585,3	36,31	0,3
2:00	13,9	96,9	584,7	141,45	0,3
3:00	13,6	97,2	584,6	332,46	0,2
4:00	13,4	97,6	584,8	226,05	0,2
5:00	13,2	97,6	585,3	3,29	0,2
6:00	13,1	97,7	586,0	49,01	0,2
7:00	13,2	97,7	586,8	18,26	0,2
8:00	14,6	93,8	587,0	71,12	0,3
9:00	16,3	87,7	587,0	14,48	0,7
10:00	17,6	81,8	585,1	3,78	1,1
11:00	19,0	76,3	584,4	12,92	1,4
12:00	20,0	71,8	583,6	6,35	1,6
13:00	20,6	69,7	582,7	219,95	1,7

Hora	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)
14:00	20,9	68,9	582,0	88,64	1,7
15:00	20,7	70,0	581,5	21,83	1,8
16:00	20,1	73,5	581,8	91,93	1,7
17:00	19,3	78,4	583,8	186,69	1,4
18:00	18,1	84,2	584,6	24,38	1,0
19:00	16,9	89,2	585,6	12,19	0,6
20:00	16,2	91,7	586,1	100,56	0,4
21:00	15,6	93,0	586,4	78,98	0,3
22:00	15,2	94,4	586,6	188,7	0,3
23:00	14,8	95,3	586,5	179,82	0,3
<b>Promedio</b>	<b>16,5</b>	<b>87,4</b>	<b>584,9</b>	<b>---</b>	<b>0,8</b>

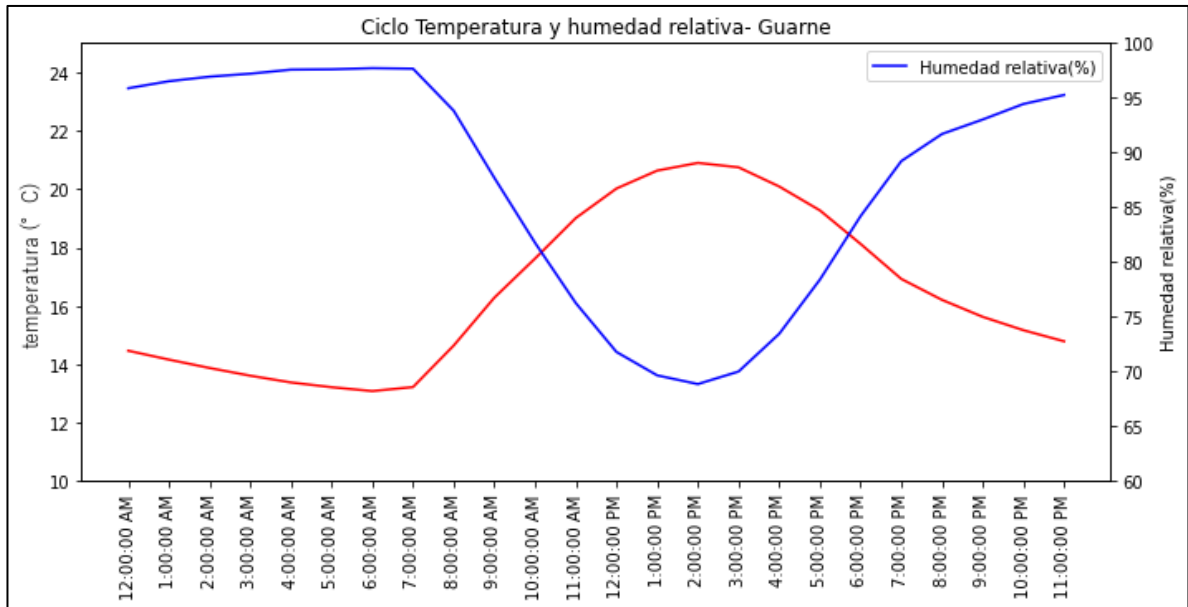
La Gráfica 1. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, Alcaldía de Guarne. presenta las variables meteorológicas humedad relativa y temperatura ambiente para la estación ubicada en la Alcaldía de Guarne. La temperatura ambiente presentó un valor promedio de 17,7° C con una desviación estándar de 1,46° C, correspondiente a la variación de este parámetro respecto al promedio. El valor máximo registrado fue de 21,3° C el día 04 de marzo de 2023, a su vez el mínimo fue de 14,1° C el 3 de enero de 2023. La humedad relativa presentó un valor mínimo de 78,9% y máximo de 96,5%. El valor promedio de la humedad relativa fue 87,4%.



**Gráfica 1. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, Alcaldía de Guarne.**

En la Gráfica 2. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Alcaldía de Guarne., se presenta la variación horaria de la humedad relativa y temperatura ambiente registrada en el periodo de monitoreo. El máximo de temperatura se registró a las 14:00 horas con un valor de 20,9° C y el mínimo a las 06:00 horas con un valor de 13,1° C. Se evidencia claramente un aumento en la temperatura a partir de las 07:00 horas, continuando con este comportamiento hasta las 14:00 horas donde se nota un descenso que se mantiene durante las horas de la tarde y la noche.

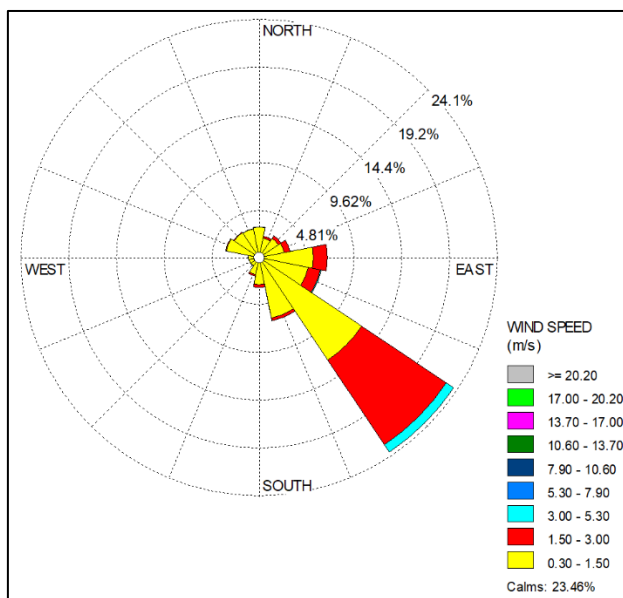
El mayor valor de humedad relativa se registró a las 06:00 y 07:00 horas con un valor de 97,7% y el mínimo se presentó a las 14:00 horas con un valor de 68,9%. Es evidente que, en cuanto a los promedios diarios y horarios, la humedad relativa presentó una relación opuesta con respecto a la temperatura ambiental.



**Gráfica 2. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Alcaldía de Guarne.**

En la Gráfica 3 se observa la rosa de vientos correspondiente al periodo de monitoreo en la estación ubicada en la Alcaldía de Guarne. Se evidencia que, la dirección predominante de donde proviene el viento es del Sureste (SE) con una frecuencia de 23,6%, seguido de las direcciones Este (E) con 6,9% y Sur-Sureste (SSE) con una frecuencia de 6,6%.

La distribución de las velocidades del viento se concentra específicamente en tres rangos, la mayor frecuencia (57,0%) se presenta en el intervalo denominado “ventolina” en la escala de vientos de Beaufort, con velocidades comprendidas entre 0,3 y 1,5 m/s. En segundo lugar, se encuentra una frecuencia de 15,1% en el intervalo “brisa muy débil”; es decir, con velocidades entre 1,5 y 3,0 m/s. El tercer intervalo, tiene una frecuencia de 1,0% llamado “brisa débil”, el cual comprende velocidades entre 3,1 y 5,3 m/s. El porcentaje de calmas (viento menor a 0,3 m/s) alcanzó el 23,5%.

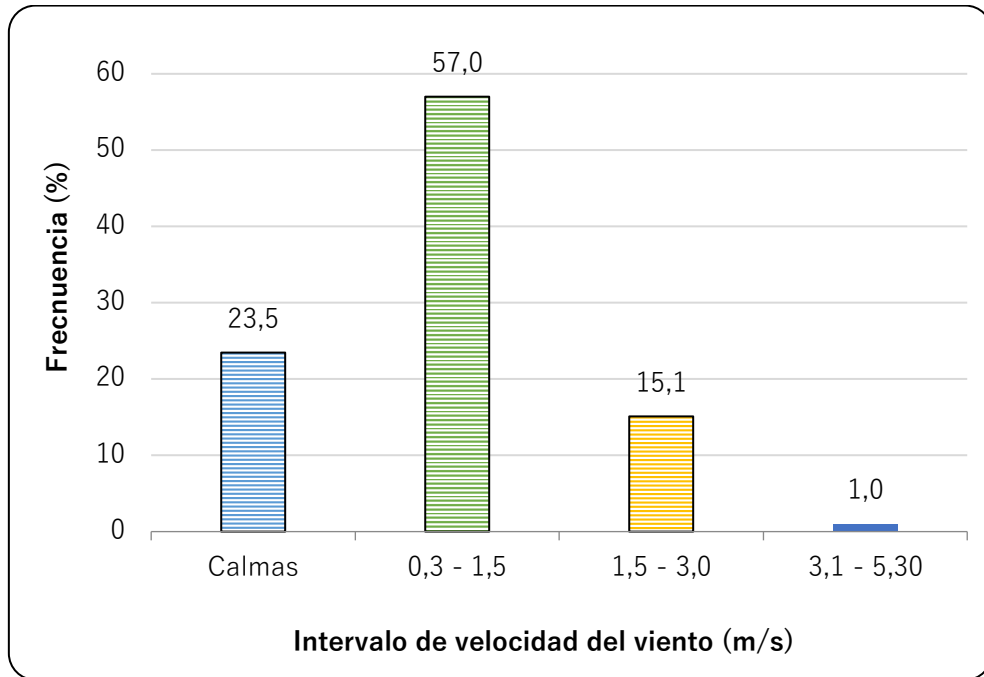


Gráfica 3. Rosa de vientos, Alcaldía de Guarne.

Tabla 11. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, Alcaldía de Guarne.

Direcciones / Intervalos Velocidad de Vientos (m/s)	0,3 - 1,5	1,5 – 3,0	3,1 - 5,30	Total (%)
N	3,1	0,0	0,0	3,2
NNE	2,1	0,2	0,0	2,3
NE	2,4	0,3	0,0	2,7
ENE	2,6	0,6	0,0	3,2
E	5,5	1,4	0,0	6,9
ESE	5,1	1,3	0,1	6,4
SE	12,5	10,2	0,9	23,6
SSE	6,3	0,3	0,0	6,6
S	2,8	0,2	0,0	3,0
SSW	1,8	0,2	0,0	2,0
SW	1,1	0,0	0,0	1,1
WSW	1,1	0,0	0,0	1,1
W	1,1	0,0	0,0	1,2

Direcciones / Intervalos Velocidad de Vientos (m/s)	0,3 - 1,5	1,5 - 3,0	3,1 - 5,30	Total (%)
WNW	3,4	0,1	0,0	3,5
NW	3,1	0,1	0,0	3,2
NNW	3,0	0,0	0,0	3,0
Sub-Total	57,0	15,1	1,0	73,1
Calmas	23,5			
Datos Perdidos o Incompletos	3,5			
Total	100,0			

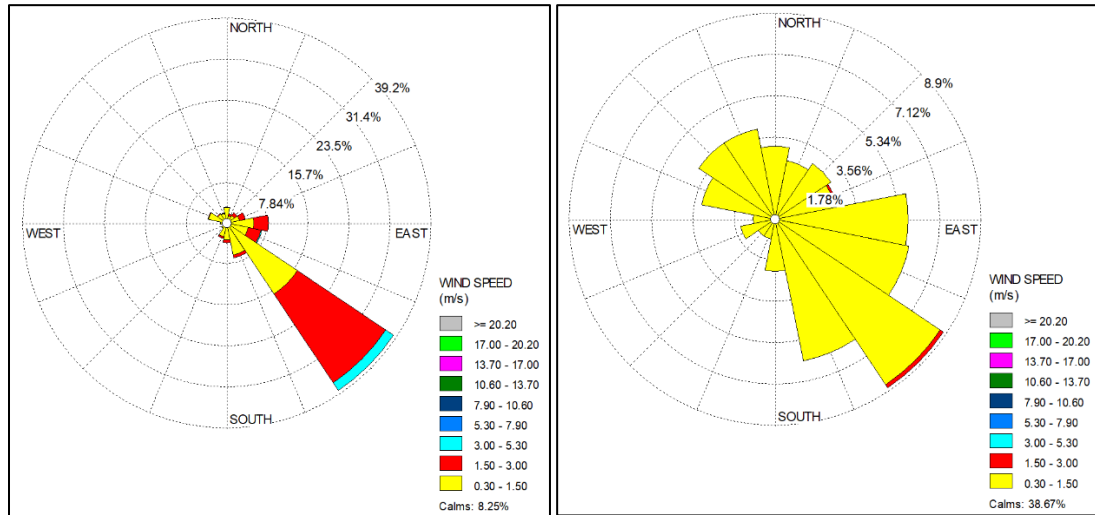


**Gráfica 4. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, Alcaldía de Guarne.**

En la Gráfica 5. Rosa de vientos diurna (izquierda) y rosa de vientos nocturna (derecha), Alcaldía de Guarne se muestran las rosas de vientos correspondientes al horario diurno y nocturno para la estación de la Alcaldía de Guarne. En las horas de la noche el porcentaje de calmas es de 38,7% y se presentan vientos de menor velocidad en



comparación con el horario diurno, donde las calmas únicamente alcanzan el 8,3% y la mayor frecuencia de vientos proviene del Sureste (SE) con 38,4%



Gráfica 5. Rosa de vientos diurna (izquierda) y rosa de vientos nocturna (derecha), Alcaldía de Guarne

### 6.3.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA

En la Tabla 12. Promedio diario de las variables meteorológicas en Marinilla y Tabla 13. Promedio horario de las variables meteorológicas en Marinilla, se presentan las condiciones atmosféricas promedio diarias y horarias que se registraron durante cada uno de los días de muestreo de la calidad del aire en el punto ubicado en el Hospital San Juan de Dios del municipio de Marinilla. La dirección del viento está determinada por la dirección o punto del horizonte desde donde sopla el viento.

**Tabla 12. Promedio diario de las variables meteorológicas en Marinilla**

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2022-12-20	17,7	80,7	594,6	0,0	1,7	135,0	SE
2022-12-21	17,4	84,8	594,2	0,0	0,8	90,0	E
2022-12-22	17,7	82,2	594,1	0,0	1,5	157,5	SSE
2022-12-23	17,9	84,6	594,0	0,0	0,9	90,0	E
2022-12-24	17,1	84,2	593,8	0,0	0,9	90,0	E
2022-12-25	17,5	84,0	593,3	0,0	1,1	90,0	E
2022-12-26	16,5	85,9	593,8	8,9	0,7	157,5	SSE
2022-12-27	16,7	87,1	594,6	2,0	1,0	157,5	SSE
2022-12-28	16,8	85,1	594,9	0,0	0,8	90,0	E
2022-12-29	16,8	84,8	595,1	0,0	0,8	90,0	E
2022-12-30	16,7	86,0	594,3	0,0	0,9	90,0	E
2022-12-31	17,3	83,7	594,7	0,3	1,0	90,0	E
2023-01-1	16,3	85,0	594,9	0,3	0,9	135,0	SE
2023-01-2	16,8	82,6	594,9	0,3	0,9	90,0	E
2023-01-3	15,5	86,8	594,9	17,3	0,5	90,0	E
2023-01-4	16,2	82,5	594,8	0,8	1,0	90,0	E
2023-01-5	16,7	85,7	594,6	5,1	1,1	90,0	E
2023-01-6	17,1	85,8	594,7	14,0	1,0	90,0	E
2023-01-7	16,7	86,7	595,1	0,5	0,9	135,0	SE
2023-01-8	15,5	87,7	595,1	4,1	0,5	157,5	SSE
2023-01-9	15,7	89,3	594,9	22,6	0,4	157,5	SSE
2023-01-10	16,1	87,7	594,9	14,5	0,7	90,0	E
2023-01-11	17,0	85,8	594,8	5,1	0,8	90,0	E
2023-01-12	17,3	85,5	594,6	3,6	0,8	90,0	E
2023-01-13	17,4	83,5	594,3	3,0	1,2	90,0	E
2023-01-14	17,3	85,4	594,6	5,3	1,0	90,0	E
2023-01-15	17,6	82,5	594,8	0,0	1,2	90,0	E
2023-01-16	17,0	84,3	594,3	0,0	1,0	90,0	E

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2023-01-17	17,0	85,3	593,8	4,3	1,2	157,5	SSE
2023-01-18	16,0	88,6	593,9	4,0	0,6	157,5	SSE
2023-01-19	16,8	82,5	594,6	0,5	0,9	90,0	E
2023-01-20	15,9	84,3	594,4	0,0	1,0	157,5	SSE
2023-01-21	16,4	83,8	593,5	0,0	1,2	157,5	SSE
2023-01-22	15,9	84,8	593,2	1,0	1,1	135,0	SE
2023-01-23	17,0	81,2	594,1	0,0	1,6	157,5	SSE
2023-01-24	17,1	82,2	593,9	0,0	1,3	135,0	SE
2023-01-25	17,3	81,7	593,7	0,0	1,4	180,0	S
2023-01-26	17,3	82,0	593,5	0,0	1,4	157,5	SSE
2023-01-27	17,1	80,4	593,6	0,0	1,4	157,5	SSE
2023-01-28	16,6	83,9	593,5	0,0	0,8	157,5	SSE
2023-01-29	17,4	80,7	593,3	0,0	1,6	157,5	SSE
2023-01-30	17,2	81,7	593,7	0,0	1,0	157,5	SSE
2023-01-31	16,3	78,8	593,9	0,0	0,9	157,5	SSE
2023-02-1	15,8	82,3	593,9	0,0	1,1	157,5	SSE
2023-02-2	16,6	82,5	593,7	0,0	1,3	157,5	SSE
2023-02-3	17,3	82,0	594,1	0,0	1,1	90	E
2023-02-4	15,8	84,1	594,8	0,0	1,1	157,5	SSE
2023-02-5	17,8	78,4	594,2	0,0	1,7	135	SE
2023-02-6	17,4	82,5	593,9	0,0	1,6	135	SE
2023-02-7	17,2	81,3	593,7	0,0	1,5	135	SE
2023-02-8	17,8	78,0	593,5	0,0	1,6	135	SE
2023-02-9	16,7	82,7	593,6	0,0	1,1	157,5	SSE
2023-02-10	17,5	83,5	593,2	0,0	1,3	135	SE
2023-02-11	17,4	84,3	592,9	0,0	1,4	157,5	SSE
2023-02-12	16,8	88,8	592,6	0,5	0,5	90	E
2023-02-13	17,3	86,0	593,1	0,0	1,3	135	SE
2023-02-14	17,9	84,9	593,5	0,0	1,4	90	E

Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA

Dirección: Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ Dirección de correspondencia: Calle 70 No. 52 - 21

Teléfono: [57+4] 219 5592 ▪ Correo electrónico: [laboratorigi@udea.edu.co](mailto:laboratorigi@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2023-02-15	17,7	84,9	593,8	0,0	1,2	157,5	SSE
2023-02-16	17,3	86,8	593,5	0,0	0,7	90	E
2023-02-17	17,5	84,7	593,0	0,0	0,8	157,5	SSE
2023-02-18	17,1	82,1	593,6	1,0	1,1	90	E
2023-02-19	17,2	83,1	593,6	0,0	1,2	90	E
2023-02-20	17,2	83,7	593,4	0,0	1,3	135	SE
2023-02-21	17,4	84,3	594,3	0,0	0,5	90	E
2023-02-22	15,6	85,5	595,2	0,0	0,4	157,5	SSE
2023-02-23	16,8	84,3	595,2	0,0	1,0	135	SE
2023-02-24	17,5	82,9	594,9	0	1,3	90	E
2023-02-25	16,8	83,5	594,4	0	1,1	135	SE
2023-02-26	18,0	82,8	594,1	0	1,3	135	SE
2023-02-27	18,5	81,7	594,4	0	1,5	90	E
2023-02-28	18,6	81,0	594,5	0,75	1,8	135	SE
2023-03-1	18,1	82,9	594,4	0	1,5	135	SE
2023-03-2	18,3	82,0	593,2	0	1,6	135	SE
2023-03-3	19,0	81,6	592,8	0	1,7	135	SE
2023-03-4	18,0	84,2	593,3	0	1,7	135	SE
2023-03-5	17,7	85,1	594,0	0,75	0,8	157,5	SSE
2023-03-6	17,2	85,8	594,0	16,75	1,0	135	SE
2023-03-7	16,7	86,8	593,9	0	0,6	292,5	WNW
2023-03-8	15,7	89,4	594,2	0,25	0,6	90	E
2023-03-9	15,1	89,3	594,7	0	0,5	270	W
2023-03-10	16,8	86,5	594,4	0	0,7	90	E
2023-03-11	16,1	85,5	594,8	0,25	0,7	270	W
2023-03-12	16,4	86,4	595,2	0	0,7	135	SE
2023-03-13	15,0	87,7	594,1	0	0,5	90	E
2023-03-14	16,5	87,2	595,1	1,52	0,6	180	S
2023-03-15	15,9	89,8	594,8	15,24	0,2	0	N

Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA

Dirección: Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ Dirección de correspondencia: Calle 70 No. 52 - 21

Teléfono: [57+4] 219 5592 ▪ Correo electrónico: [laboratorigi@udea.edu.co](mailto:laboratorigi@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2023-03-16	16,3	85,9	594,4	17,77	0,8	135	SE
2023-03-17	16,4	87,0	594,5	7,11	0,6	135	SE
2023-03-18	16,8	87,0	594,9	4,06	0,5	337,5	NNW
2023-03-19	16,8	84,5	595,4	0,25	0,9	135	SE
2023-03-20	17,1	83,6	595,2	0	1,0	135	SE
2023-03-21	16,8	81,1	594,5	0	0,9	135	SE
2023-03-22	16,6	82,7	594,7	0,25	1,1	135	SE
2023-03-23	17,2	85,7	594,1	1,77	1,1	90	E
2023-03-24	17,6	82,8	594,0	8,89	0,7	90	E
2023-03-25	16,9	84,0	594,0	0	0,8	157,5	SSE
2023-03-26	17,3	83,0	594,0	0	1,3	90	E
2023-03-27	17,3	82,5	593,9	1,01	1,3	135	SE
2023-03-28	17,4	81,0	593,9	18,28	1,3	157,5	SSE
2023-03-29	17,1	84,7	594,1	0,75	1,0	157,5	SSE
2023-03-30	17,9	83,6	594,6	2,03	1,5	135	SE
2023-03-31	17,7	84,2	594,8	1,77	1,2	135	SE
<b>Máximo</b>	19,0	89,8	595,4	22,6	1,8	N/A	N/A
<b>Mínimo</b>	15,0	78,0	592,6	0	0,2	N/A	N/A
<b>Promedio</b>	17,0	84,2	594,2	---	1,0	N/A	N/A

Tabla 13. Promedio horario de las variables meteorológicas en Marinilla

Hora	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)
0:00	16,1	90,2	599,4	11,7	0,3
1:00	15,8	90,5	598,9	26,7	0,2
2:00	15,5	90,8	598,4	11,9	0,2

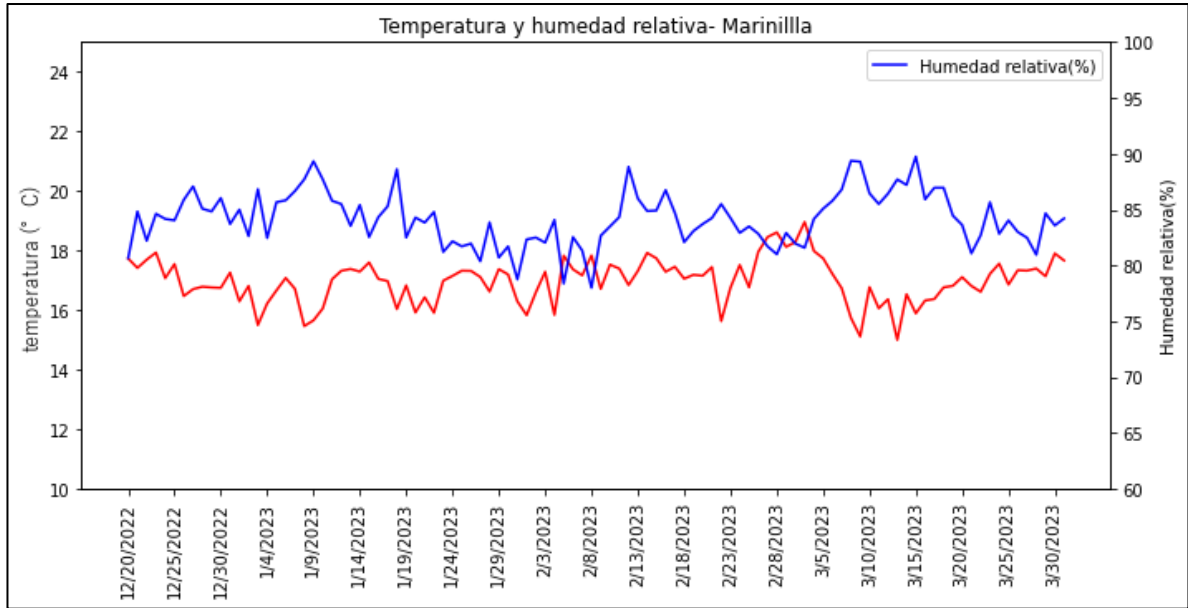
Hora	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)
3:00	15,3	91,0	598,1	6,1	0,2
4:00	15,1	91,3	598,0	3,3	0,2
5:00	14,9	91,4	598,2	3,1	0,2
6:00	14,8	91,6	598,6	2,8	0,2
7:00	14,8	91,7	599,1	2,3	0,2
8:00	15,4	90,4	599,7	4,3	0,3
9:00	16,7	86,9	599,9	7,9	0,5
10:00	18,1	81,5	599,9	3,3	1,1
11:00	19,3	76,5	599,5	3,3	1,7
12:00	20,4	72,6	598,8	3,5	2,1
13:00	21,1	70,5	598,1	2,8	2,5
14:00	21,5	69,2	597,3	6,1	2,7
15:00	21,5	69,8	596,7	13,4	2,7
16:00	21,1	71,7	596,4	3,8	2,7
17:00	20,2	76,9	596,5	14,7	2,3
18:00	19,1	82,7	597,0	15,0	1,7
19:00	18,1	86,6	597,6	13,7	1,1
20:00	17,6	88,3	598,3	11,9	0,7
21:00	17,2	89,0	599,0	14,5	0,4
22:00	16,9	89,2	599,3	25,4	0,4
23:00	16,5	89,5	599,5	8,9	0,3
<b>Promedio</b>	<b>17,6</b>	<b>84,2</b>	<b>598,4</b>	<b>---</b>	<b>1,0</b>

La Gráfica 6. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. presenta las variables meteorológicas humedad relativa y temperatura ambiente en la estación del Hospital San Juan de Dios en el municipio de Marinilla. La temperatura presentó un valor promedio de 17,0° C con una desviación estándar de 0,74° C. El valor máximo (19,0° C) se presentó el 3 de marzo de 2023 y su valor mínimo (15,0° C) el 13 de marzo de 2023. El valor máximo de humedad relativa fue del 89,8%, el valor mínimo registrado fue de 78,0% y el promedio fue de 84,2%.

**Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA**

**Dirección:** Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ **Dirección de correspondencia:** Calle 70 No. 52 - 21

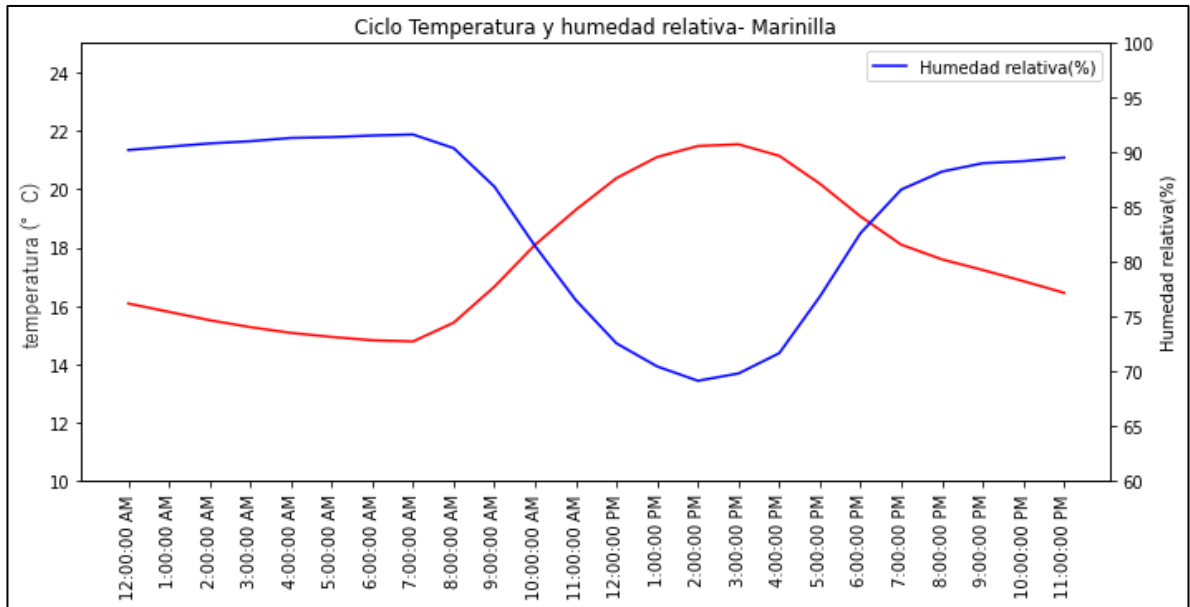
**Teléfono:** [57+4] 219 5592 ▪ **Correo electrónico:** [laboratoriogiga@udea.edu.co](mailto:laboratoriogiga@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia



**Gráfica 6. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.**

En la Gráfica 7. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. se presenta la variación horaria de la humedad relativa y temperatura ambiente registrada en el periodo de monitoreo. El máximo de temperatura se registró a las 14:00 y 15:00 horas con un valor de 21,5° C y el mínimo a las 06:00 y 07:00 horas con un valor de 14,8° C. Se evidencia claramente un aumento en la temperatura a partir de las 07:00 horas, continuando con este comportamiento hasta las 14:00 horas alcanzando así su valor máximo, ya en horas de la tarde se presenta un descenso que se mantiene hasta alcanzar sus valores mínimos en horas de la mañana.

El mayor valor de humedad relativa se registró a las 07:00 horas con un valor de 91,7% y el mínimo se presentó a las 14:00 horas con un valor de 69,2%. Con respecto a la relación entre las variables, se logra establecer claramente una relación inversa entre ambas, lo que se encuentra acorde con el comportamiento esperado para estas.

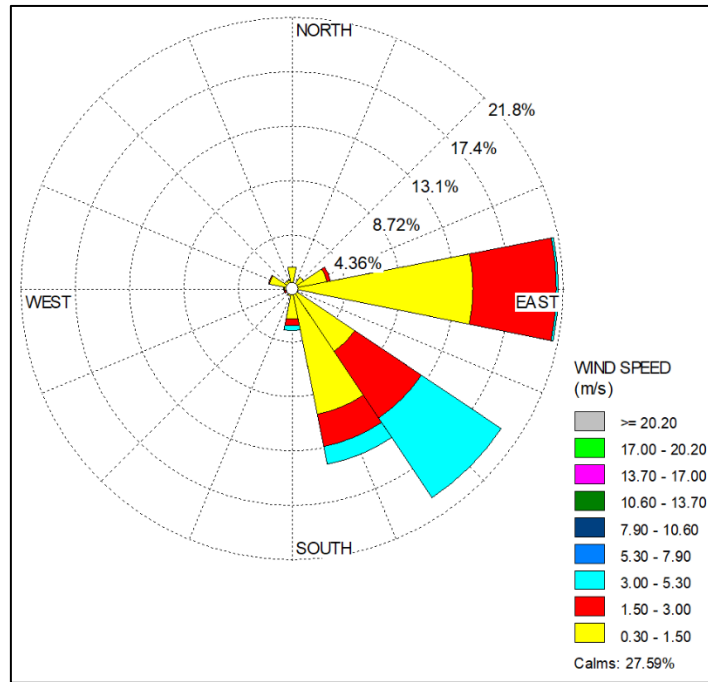


**Gráfica 7. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.**

En la Gráfica 8. Rosa de vientos, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. se observa la rosa de vientos correspondiente al periodo de monitoreo en la estación ubicada en el Hospital San Juan de Dios en el municipio de Marinilla, donde se evidencia que, la dirección predominante de donde proviene el viento es del Este (E) con una frecuencia de 21,4%, seguido de las direcciones Sureste (SE) con 20,2% y Sur-Sureste (SSE) con una frecuencia de 14,4%.

La distribución de las velocidades del viento se concentra específicamente en tres rangos, la mayor frecuencia (45,3%) se presenta en el intervalo denominado “ventolina” en la escala de vientos de Beaufort, con velocidades comprendidas entre 0,3 y 1,5 m/s. En segundo lugar, se encuentra una frecuencia de 16,8% en el intervalo “brisa muy débil”; es decir, con velocidades entre 1,5 y 3,0 m/s. El tercer intervalo, tiene una frecuencia de 9,8% llamado “brisa débil”, el cual comprende velocidades entre 3,1 y 5,3 m/s. El porcentaje de calmas (viento menor a 0,3 m/s) alcanzó el 27,6%.



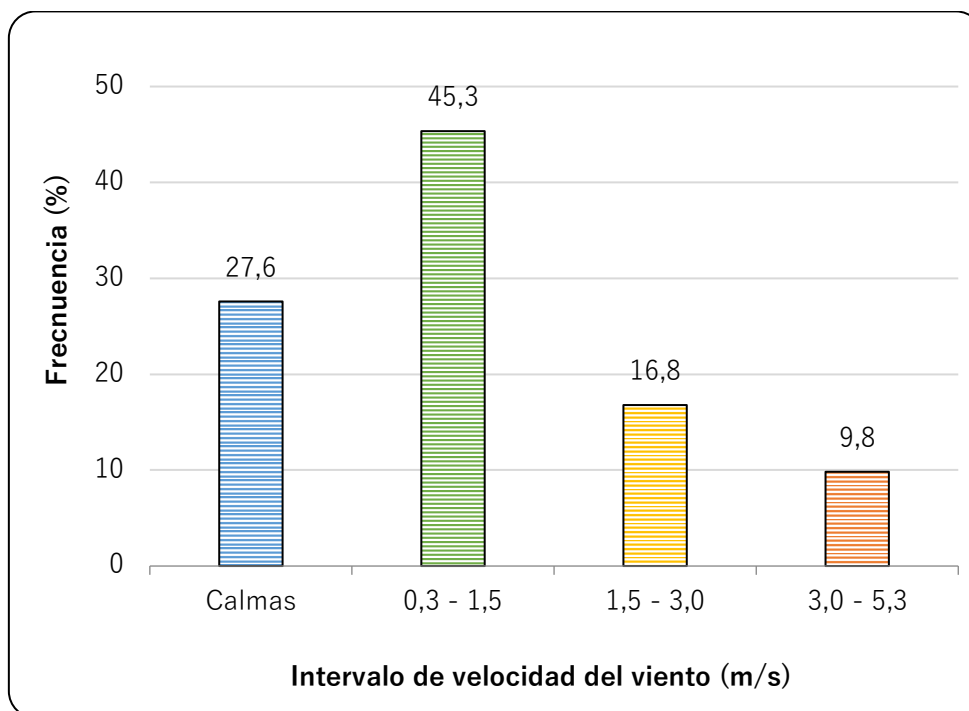


Gráfica 8. Rosa de vientos, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.

Tabla 14. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, Hospital San Juan de Dios.

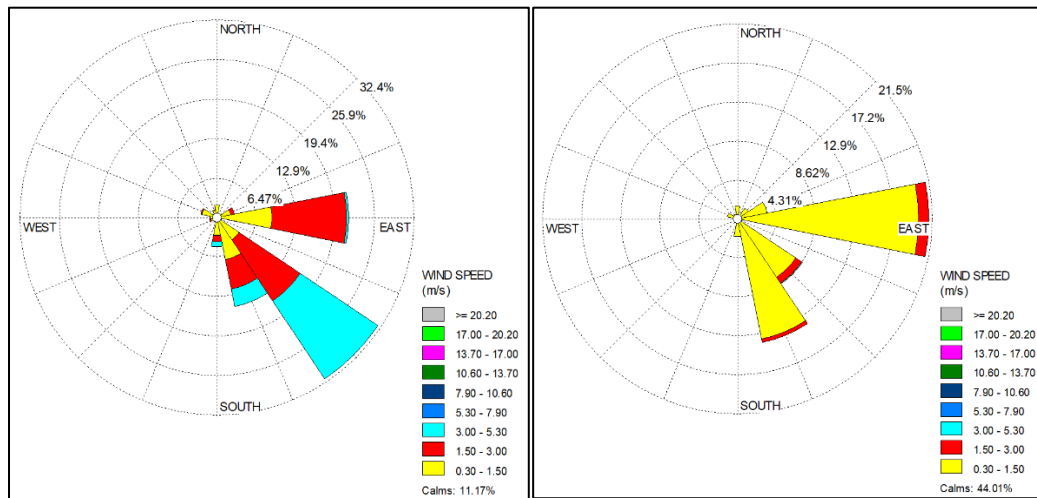
Direcciones / Intervalos Velocidad de Vientos (m/s)	0,3 - 1,5	1.5 – 3.0	3.1 - 5.30	Total (%)
N	1,8	0,0	0,0	1,8
NNE	0,0	0,0	0,0	0,0
NE	1,2	0,0	0,0	1,2
ENE	2,9	0,3	0,0	3,2
E	14,5	6,7	0,2	21,4
ESE	0,4	0,0	0,0	0,4
SE	6,1	6,4	7,7	20,2
SSE	10,3	2,6	1,5	14,4
S	2,5	0,5	0,4	3,4
SSW	0,7	0,0	0,0	0,7

Direcciones / Intervalos Velocidad de Vientos (m/s)	0,3 - 1,5	1,5 - 3,0	3,1 - 5,30	Total (%)
SW	0,2	0,0	0,0	0,2
WSW	0,6	0,1	0,0	0,7
W	0,7	0,0	0,0	0,7
WNW	1,9	0,1	0,0	2,0
NW	0,8	0,0	0,0	0,8
NNW	0,8	0,0	0,0	0,8
Sub-Total	45,3	16,8	9,8	72,0
Calmas	27,6			
Datos Perdidos o Incompletos	0,5			
Total	100,0			



**Gráfica 9. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.**

En la Gráfica 10. Rosa de vientos diurna (izquierda) y rosa de vientos nocturna (derecha), Hospital San Juan de Dios de Marinilla se muestran las rosas de vientos correspondientes al horario diurno y nocturno para la estación Del Hospital San Juan de Dios de Marinilla. En las horas de la noche el porcentaje de calmas es de 44,0% y se presentan vientos de menor velocidad en comparación con el horario diurno, donde las calmas únicamente alcanzan el 11,2% y la mayor frecuencia de vientos proviene del Sureste (SE) con 31,7%



**Gráfica 10. Rosa de vientos diurna (izquierda) y rosa de vientos nocturna (derecha), Hospital San Juan de Dios de Marinilla**

**7 OPINIONES E INTERPRETACIONES/DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD**

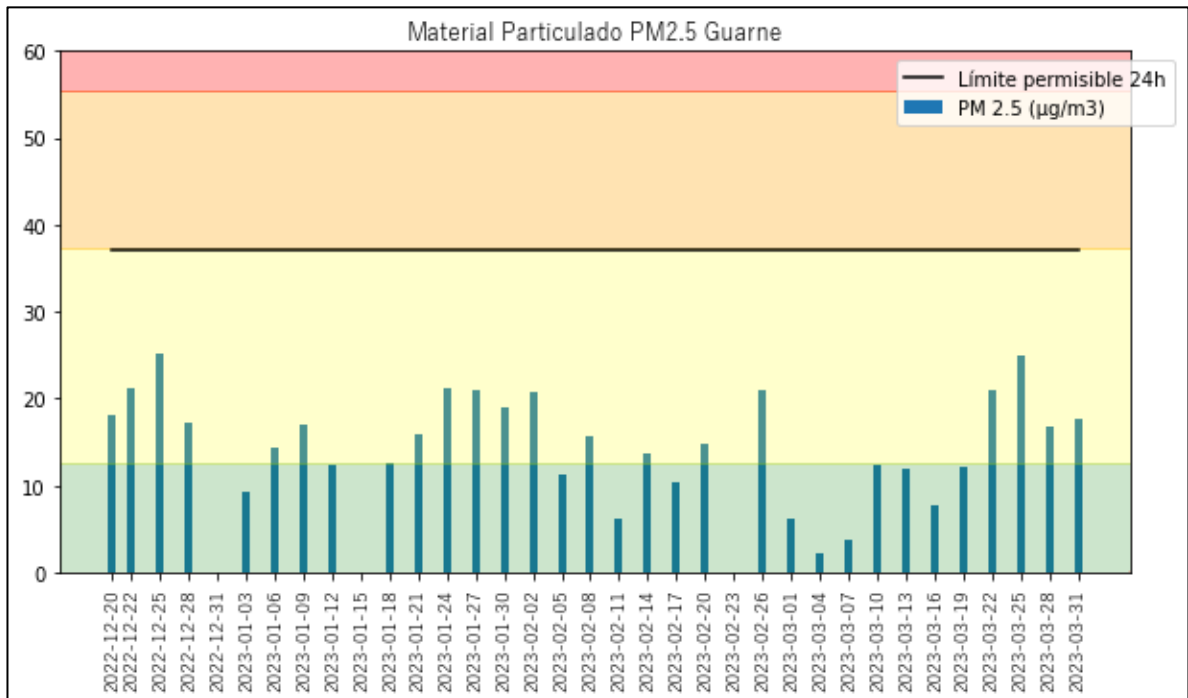
Los resultados obtenidos durante el monitoreo de calidad del aire se analizaron a la luz de la norma nacional vigente: Resolución 2254 de 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones (Tabla 1. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire). Estas concentraciones se calculan a condiciones de referencia, es decir, 25 ° C y 760 mm Hg, de manera que se pueda establecer una comparación directa con la norma de calidad del aire.

**Regla de decisión:** Aceptación binaria simple sin zona de seguridad ( $w=0$ ). Pasa – No Pasa. Riesgo asociado del 50%. ILAC-G8:09/2019. Numeral 4.2.1

## 7.1 PARTÍCULAS MENOSRES A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>

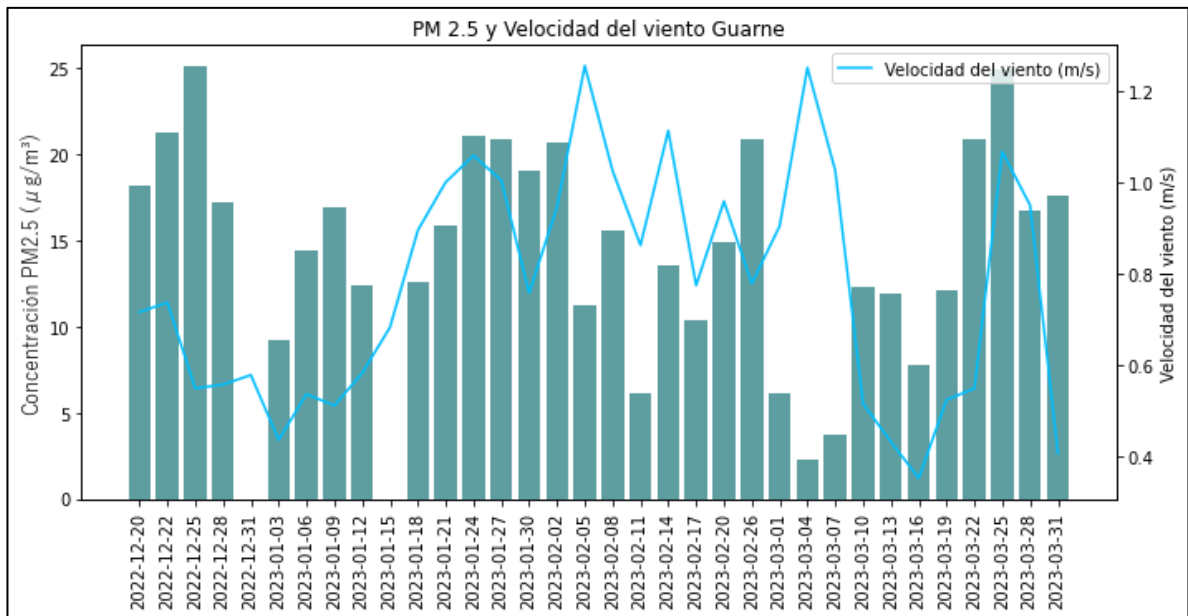
### 7.1.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE

En la Gráfica 11, se presentan las concentraciones diarias de PM<sub>2,5</sub> registradas en el punto de monitoreo ubicado en la Alcaldía del municipio de Guarne, donde se obtuvo un valor máximo de 25,1 µg/m<sup>3</sup> el domingo 25 de diciembre de 2022 y un valor mínimo de 2,3 µg/m<sup>3</sup> el sábado 04 de marzo de 2023. Todas las concentraciones registradas se encuentran por debajo del límite máximo permisible para partículas menores a 2,5 micras en un período de 24 horas establecido en 37,0 µg/m<sup>3</sup> según la Resolución 2254 de 2017.



**Gráfica 11. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub>, Alcaldía de Guarne.**

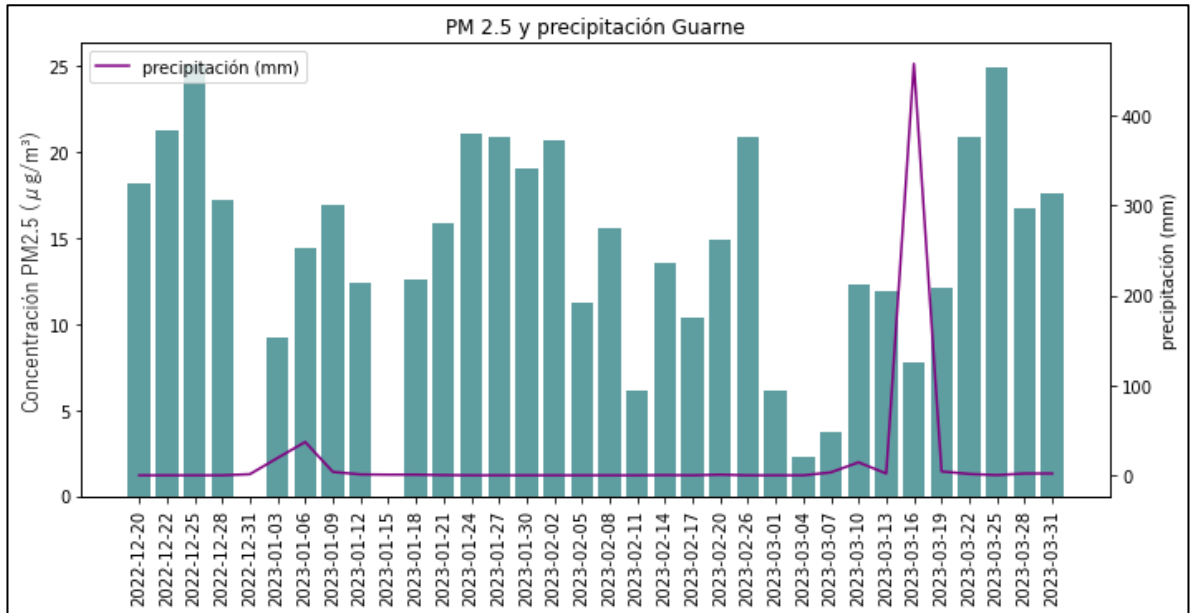
Como puede apreciarse en la Gráfica 12, las velocidades de viento promedio diarias registradas para el punto de monitoreo de la Alcaldía de Guarne, se encontraron en un intervalo de 0,3 y 1,3 m/s, con un promedio de 0,8 m/s. Se observa que en el mes de febrero y a principios de marzo la velocidad del viento presenta altos valores, mientras que la concentración del contaminante es baja; caso contrario se observa al principio del muestreo donde los vientos son bajos y las concentraciones altas, sin embargo, no es posible identificar una relación marcada entre la velocidad del viento y las concentraciones de PM<sub>2,5</sub>.



**Gráfica 12. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la velocidad del viento, Alcaldía de Guarne.**

En el Gráfica 13 se observa que los días 13 de marzo de 2023 se registró el valor máximo de precipitación con un valor de 457,9 mm, seguido del 03 y 06 de enero de 2023 con unos valores de 19,3 mm y 37,1 mm respectivamente, estos días se evidencia una concentración menor respecto a los días anteriores, sin embargo, no se puede

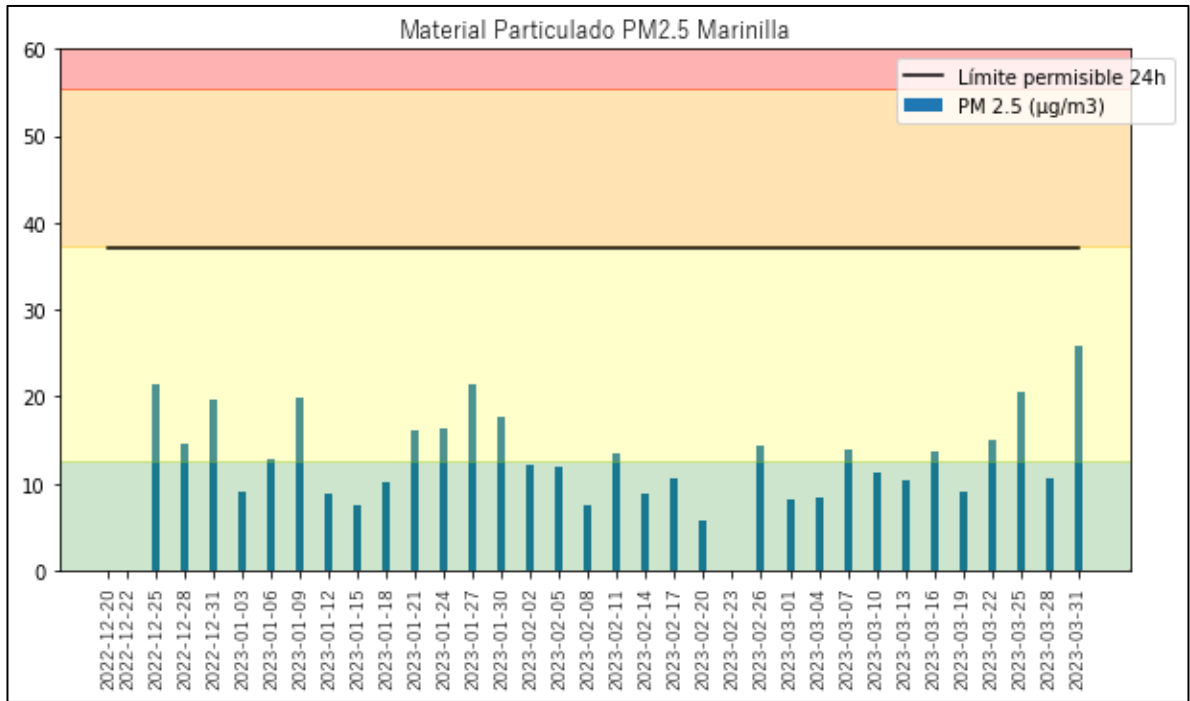
generalizar un comportamiento predominante entre la precipitación y el material contaminante.



**Gráfica 13. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la precipitación, Alcaldía de Guarne.**

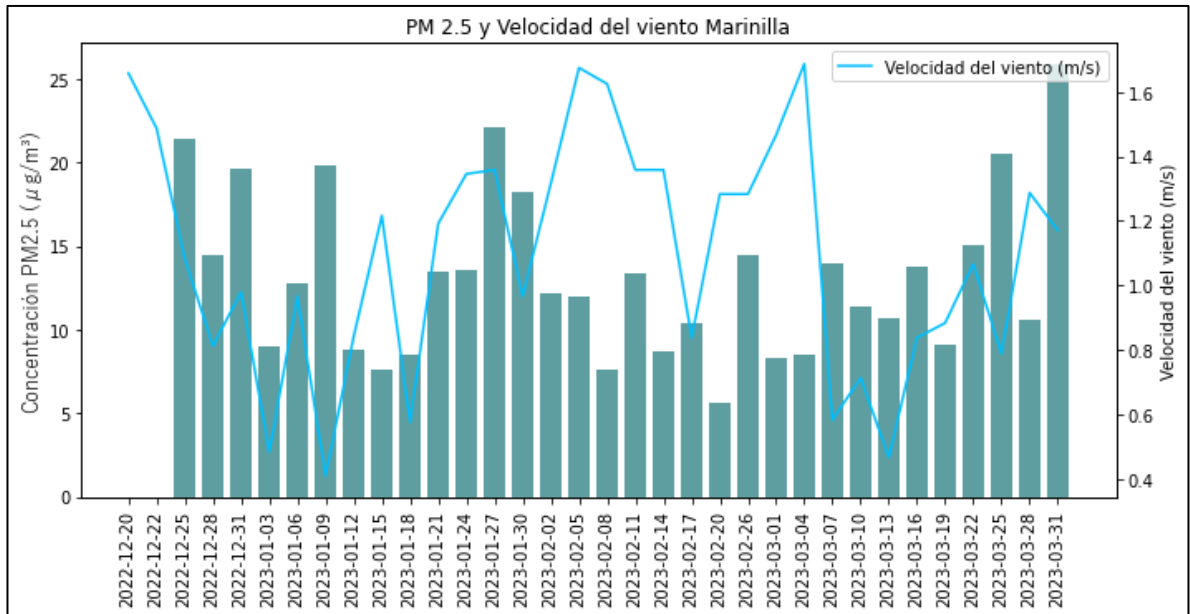
**7.1.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA**

En la Gráfica 14. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub>, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. , se presentan las concentraciones diarias de PM<sub>2,5</sub> registradas en el punto de monitoreo ubicado en el Hospital San Juan de Dios de Marinilla, donde se obtuvo un valor máximo de 25,9 µg/m<sup>3</sup> el viernes 31 de marzo de 2023 y un valor mínimo de 5,7 µg/m<sup>3</sup> el lunes 20 de febrero de 2023. Todas las concentraciones registradas se encuentran por debajo del límite máximo permisible para partículas menores a 2,5 micras en un período de 24 horas establecido en 37,0 µg/m<sup>3</sup> según la Resolución 2254 de 2017.



**Gráfica 14. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub>, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.**

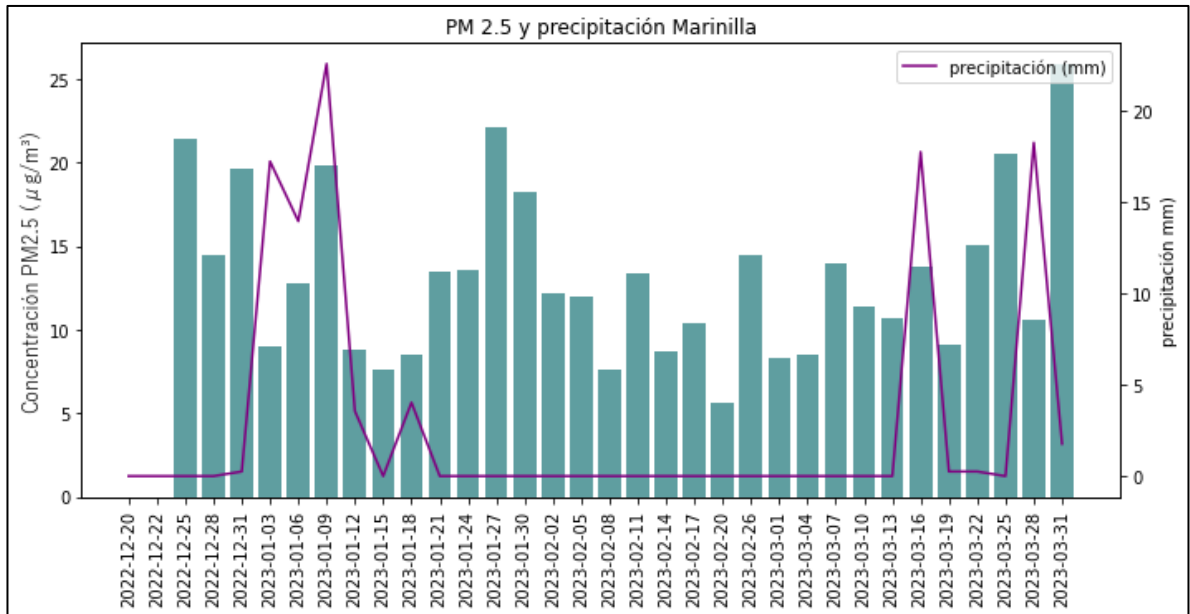
Como puede apreciarse en la Gráfica 15. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la velocidad del viento, , las velocidades de viento promedio diarias registradas para el punto de monitoreo del Hospital San Juan de Dios de Marinilla, se encontraron en un intervalo de velocidades de 0,4 y 1,7 m/s, con un promedio de 1,1 m/s. Se observa que en el mes de febrero y a principios de enero la velocidad del viento aumenta y las concentraciones del material particulado disminuyen. Por otro lado, se tiene que en el mes de diciembre y a principios de enero las variables presentan el mismo comportamiento, por lo que no es posible identificar una relación marcada entre la velocidad del viento y las concentraciones de PM<sub>2,5</sub>.



**Gráfica 15. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la velocidad del viento, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.**

En el Gráfica 16. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la precipitación, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. se observa que a principios de enero de 2023 y en el mes de marzo se registraron valores altos de precipitación, estos días se evidencian unas concentraciones menores respecto a los otros días, sin embargo, no se puede establecer una relación generalizada en el período de monitoreo, ya que no se presenta un comportamiento predominante entre las dos variables.



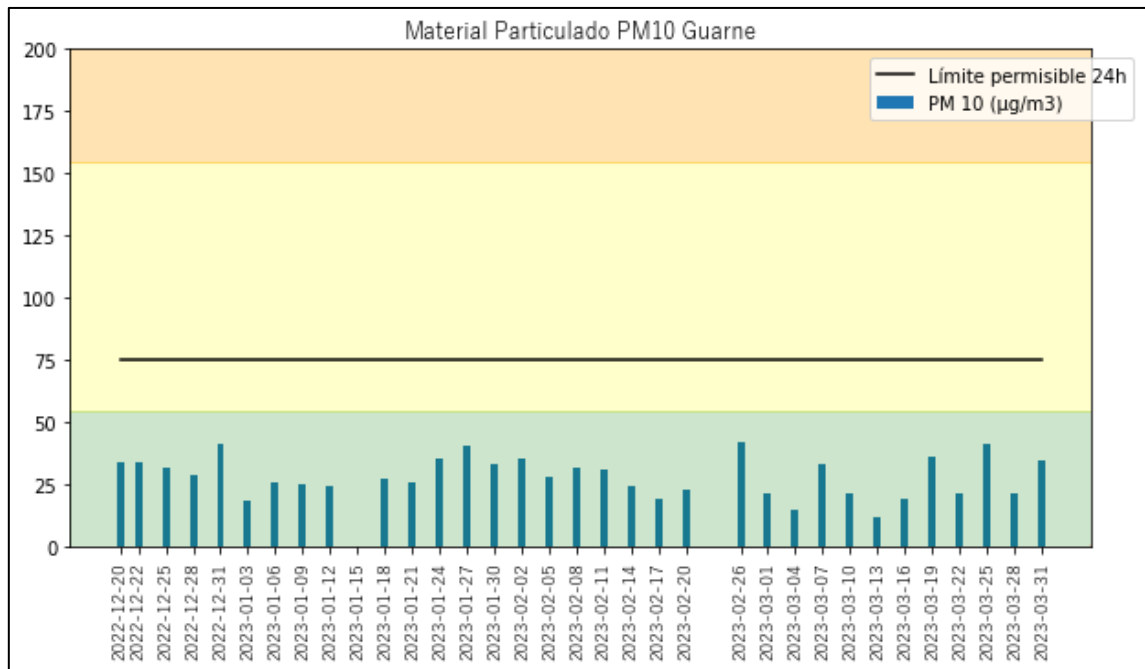


**Gráfica 16. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la precipitación, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.**

## 7.2 PARTÍCULAS MENOSRES A 10 MICRAS – PM<sub>10</sub>

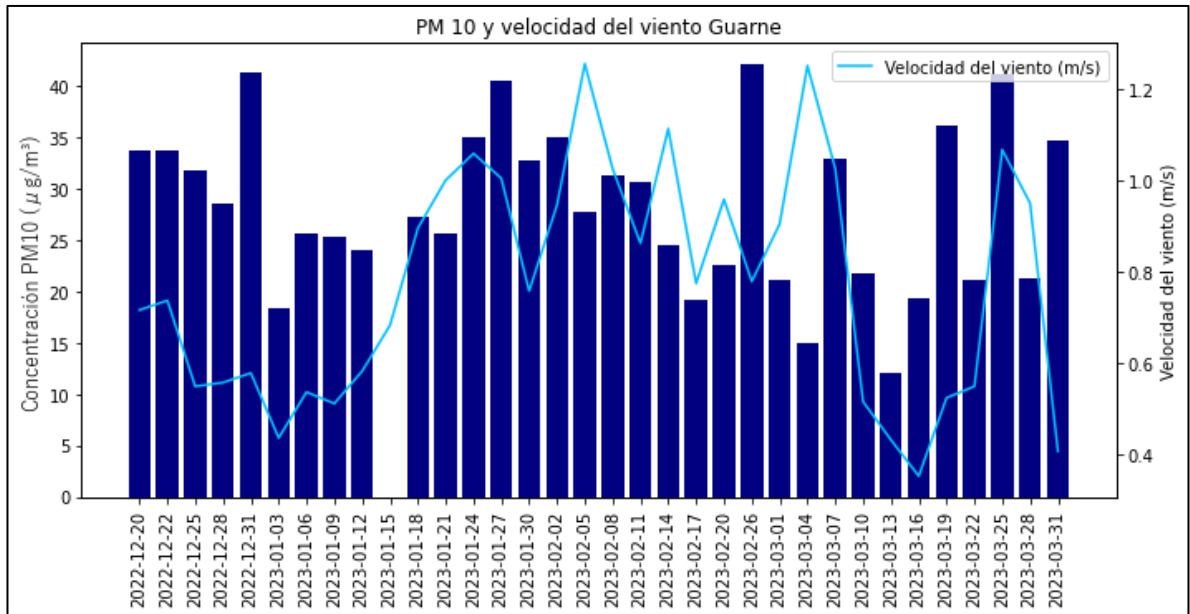
### 7.2.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE

La Gráfica 17. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub>, Alcaldía de Guarne. presenta la variación de las concentraciones de PM<sub>10</sub> registradas en el punto de monitoreo de la Alcaldía de Guarne, la máxima concentración se registró el domingo 26 de febrero de 2023 con un valor de 42,1 µg/m<sup>3</sup> y la mínima el lunes 13 de marzo de 2023, con un valor de 12,0 µg/m<sup>3</sup>. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los 75,0 µg/m<sup>3</sup>, correspondiente al límite máximo permisible en un periodo de 24 horas establecido según la Resolución 2254 de 2017.



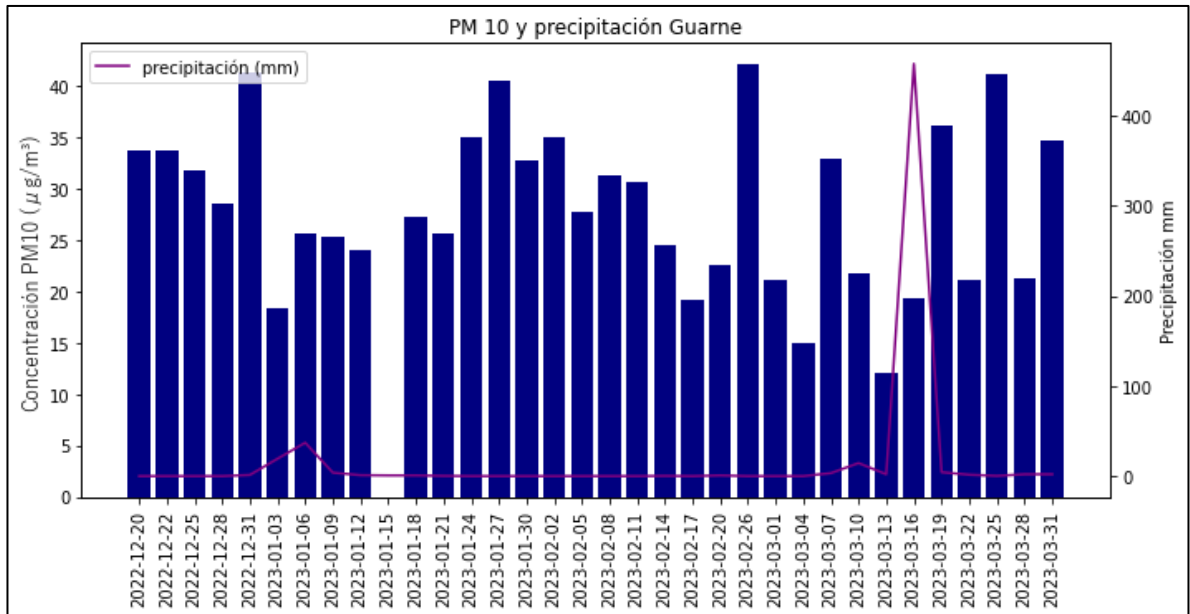
**Gráfica 17. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub>, Alcaldía de Guarne.**

Como puede observarse en la Gráfica 18, las velocidades de viento promedio diarias registradas en el punto de monitoreo denominado de la Alcaldía de Guarne se encontraron en un intervalo de velocidades de 0,3 y 1,3 m/s, con un promedio de 0,8 m/s. Para las muestras del 18 y 21 de enero de 2023, el 08 de febrero de 2023, el 01 y 04 de marzo de 2023 se observa como coincide la disminución de la concentración del contaminante con el aumento de la velocidad del viento. Adicionalmente, en el mes de febrero e inicios de marzo se observa como el aumento de la velocidad del viento coincide con algunos días donde las concentraciones del material particulado fueron bajas, sin embargo, para esta estación no se presenta no es un comportamiento generalizado entre las dos variables.



**Gráfica 18. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la velocidad del viento, Alcaldía de Guarne.**

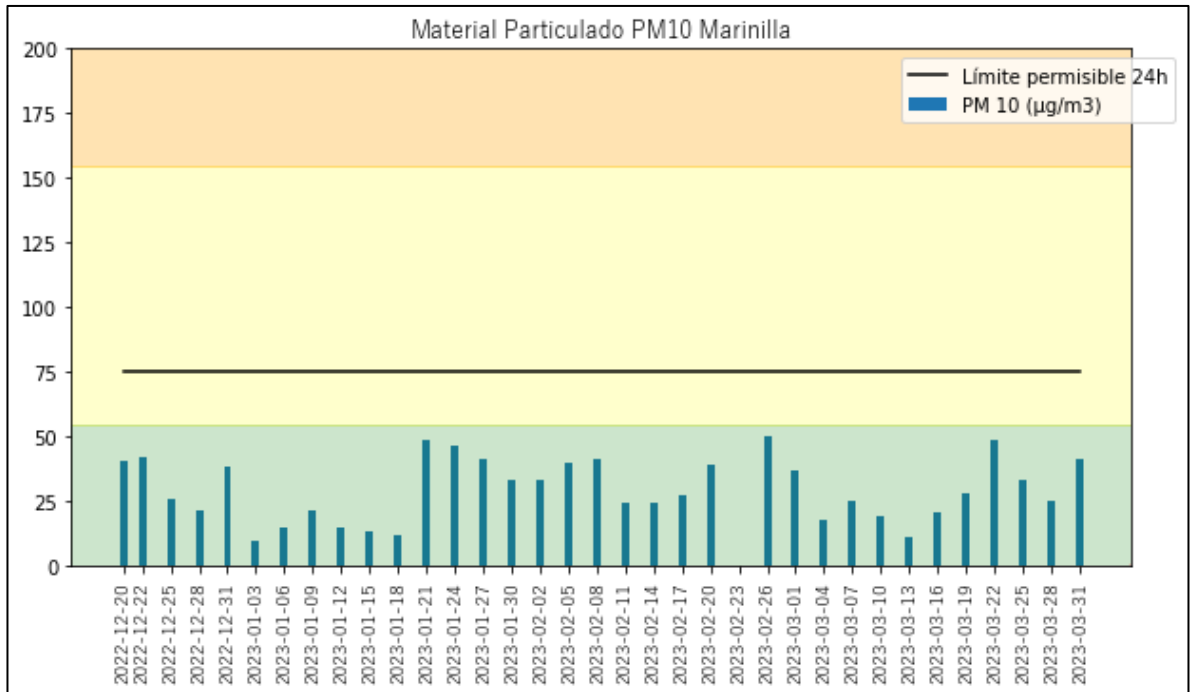
En la Gráfica 19, se observa que el día 13 de marzo de 2023 fue el día donde hubo la máxima precipitación en el punto de monitoreo, la cual coincide con una disminución en la concentración del material particulado, sin embargo, no se puede generalizar el comportamiento en la zona debido a los pocos eventos de precipitación presentados.



**Gráfica 19. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la precipitación, Alcaldía de Guarne.**

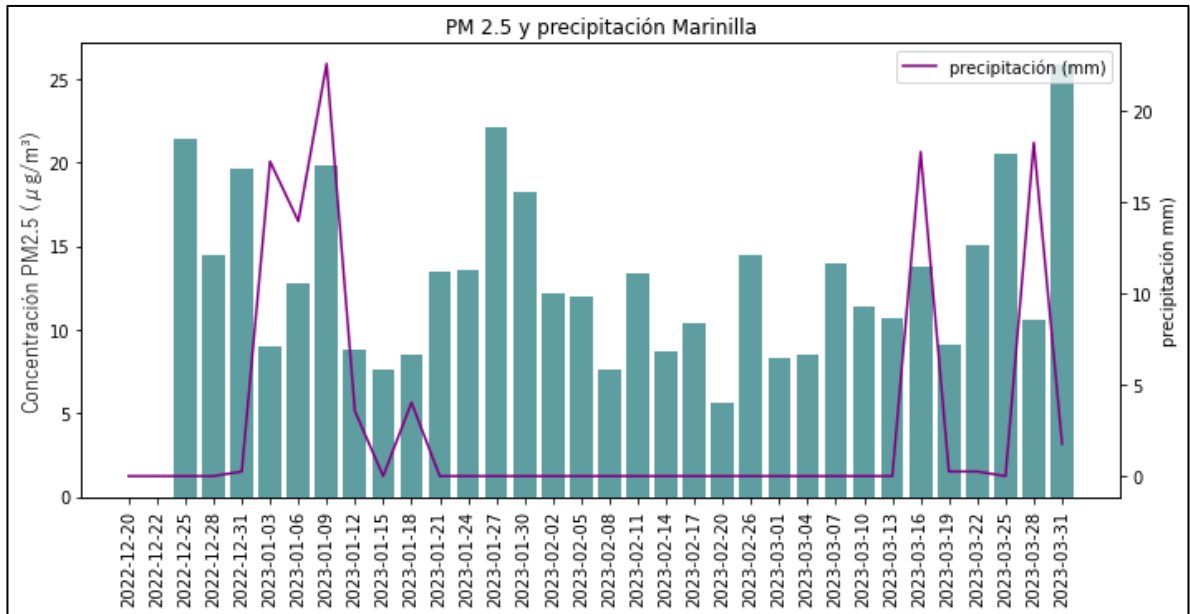
### 7.2.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA

La Gráfica 20. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub>, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. presenta la variación de las concentraciones de PM<sub>10</sub> registradas en el punto de monitoreo del Hospital de San Juan de Dios de Marinilla, la máxima concentración se registró el domingo 26 de febrero de 2023 con un valor de 50,4 µg/m<sup>3</sup> y la mínima el martes 03 de febrero de 2023, con un valor de 9,6 µg/m<sup>3</sup>. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los 75,0 µg/m<sup>3</sup>, correspondiente al límite máximo permisible en un periodo de 24 horas establecido según la Resolución 2254 de 2017.



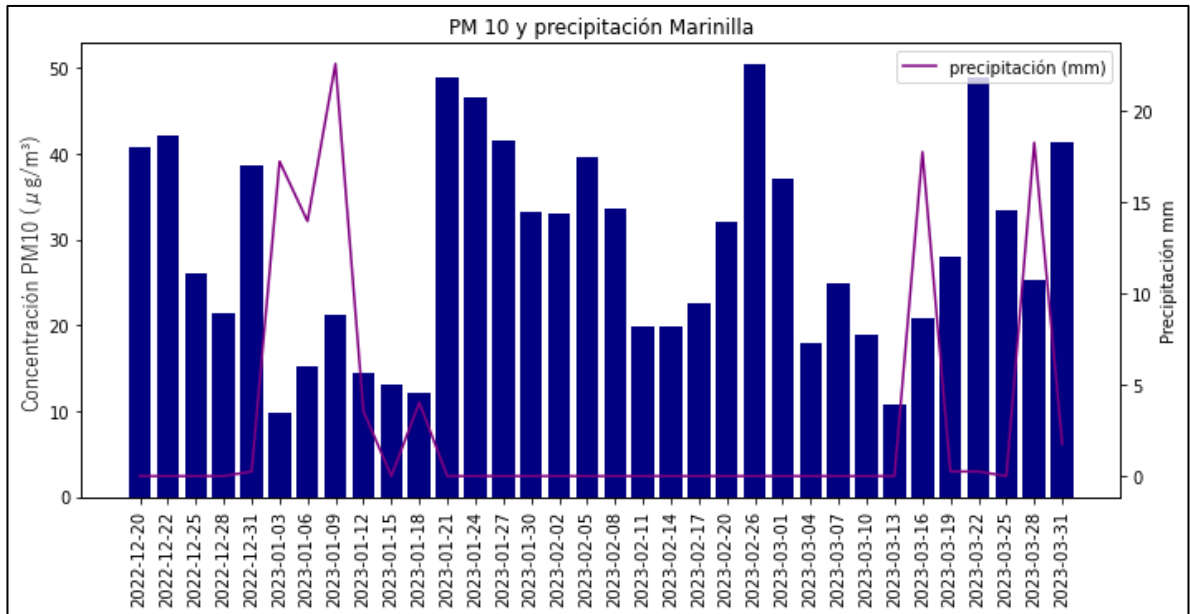
**Gráfica 20. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub>, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.**

Como puede observarse en la Gráfica 21. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la velocidad del viento, Hospital San Juan de Dios de Marinilla., las velocidades de viento promedio diarias registradas en el punto de monitoreo denominado del Hospital de San Juan de Dios de Marinilla se encontraron en un intervalo de velocidades de 0,4 y 1,7 m/s, con un promedio de 1,1 m/s. Para las muestras del 12 al 18 de enero de 2023, el 4 y 28 de marzo de 2023 se observa como los picos de velocidad del viento coinciden con bajas concentraciones del contaminante; sin embargo, del 21 al 27 de enero, el 20 de febrero y el 22 de marzo de 2023 también se presentan picos en la velocidad del viento, pero estos coinciden con valores altos de la concentración del contaminante. Por lo anterior, no se puede relacionar las dos variables para la zona donde se encuentre el punto de muestreo.



**Gráfica 21. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la velocidad del viento, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.**

En la Gráfica 22. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la precipitación, Hospital San Juan de Dios de Marinilla., se observa que entre los días 03 al 09 de enero de 2023, el 18 de enero de 2023, el 16 y el 28 de marzo de 2023 se registran los picos más altos de precipitación, los cuales coinciden con días donde disminuyeron las concentraciones de PM<sub>10</sub> respecto a los días anteriores, sin embargo, no se puede establecer una relación entre las dos variables por los pocos eventos de precipitación en la zona.

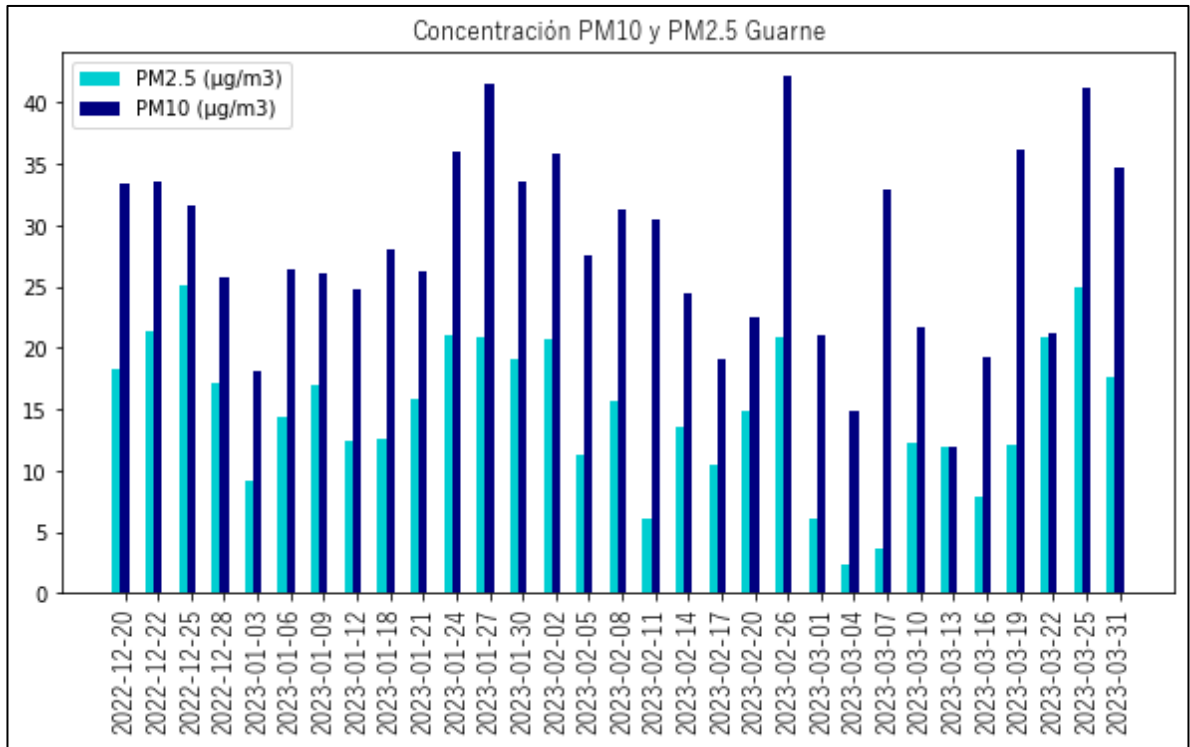


Gráfica 22. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la precipitación, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.

### 7.3 RELACIÓN ENTRE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS – PM<sub>10</sub> Y PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>

#### 7.3.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE

En la Gráfica 23 se observa la relación entre PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en el punto de monitoreo de la Alcaldía de Guarne y se resalta que, en promedio, de la fracción total de PM<sub>10</sub>, el 53,0% corresponde a PM<sub>2,5</sub>.

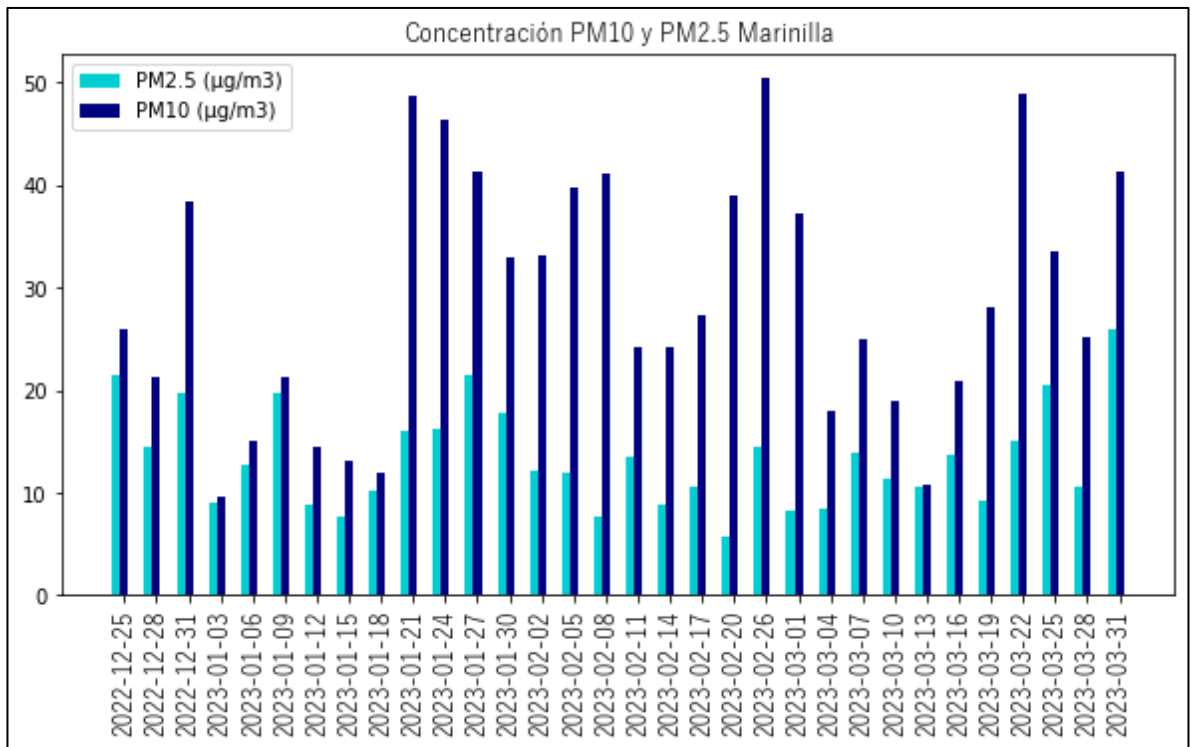


**Gráfica 23. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Alcaldía de Guarne.**

### 7.3.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA

En la Gráfica 24. **Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Hospital San Jaun de Dios de Marinilla.** se observa la relación entre PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en el punto de monitoreo del Hospital San Juan de Dios de Marinilla, evidenciando que, en promedio, de la fracción total de PM<sub>10</sub>, el 52,8% corresponde a PM<sub>2,5</sub>.



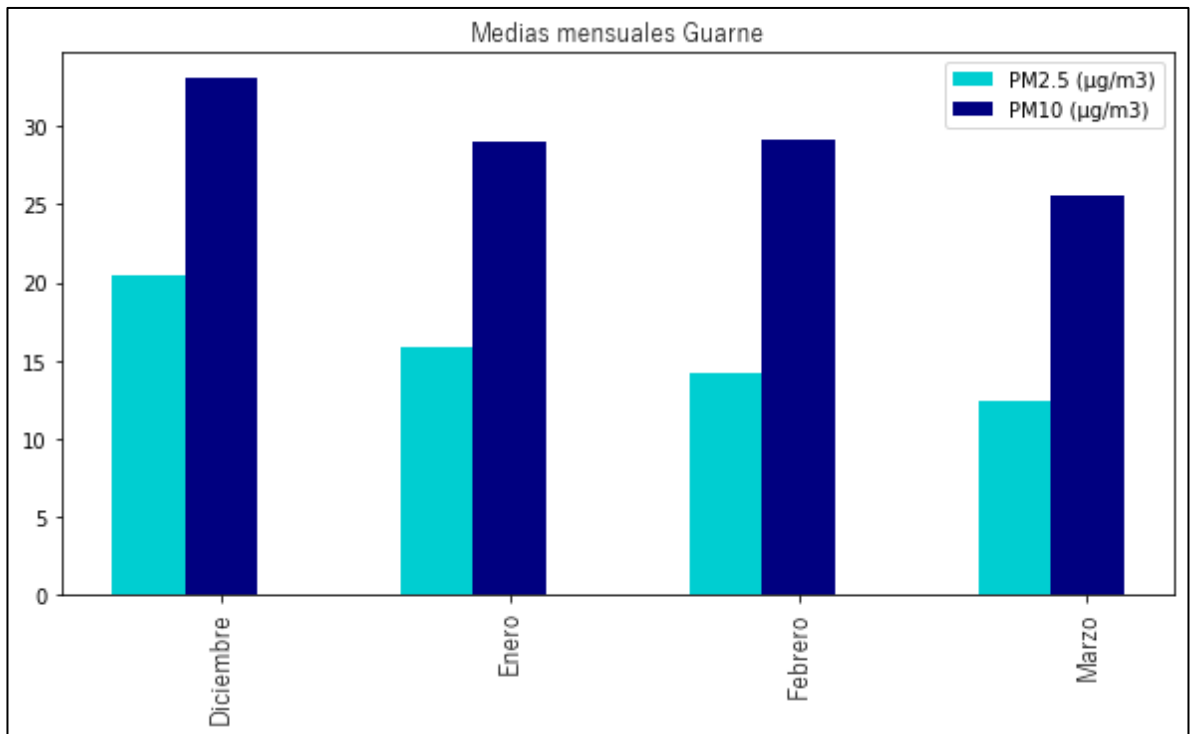


Gráfica 24. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Hospital San Jaun de Dios de Marinilla.

## 7.4 MEDIAS MENSUALES DE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS – PM<sub>10</sub> Y PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>

### 7.4.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE

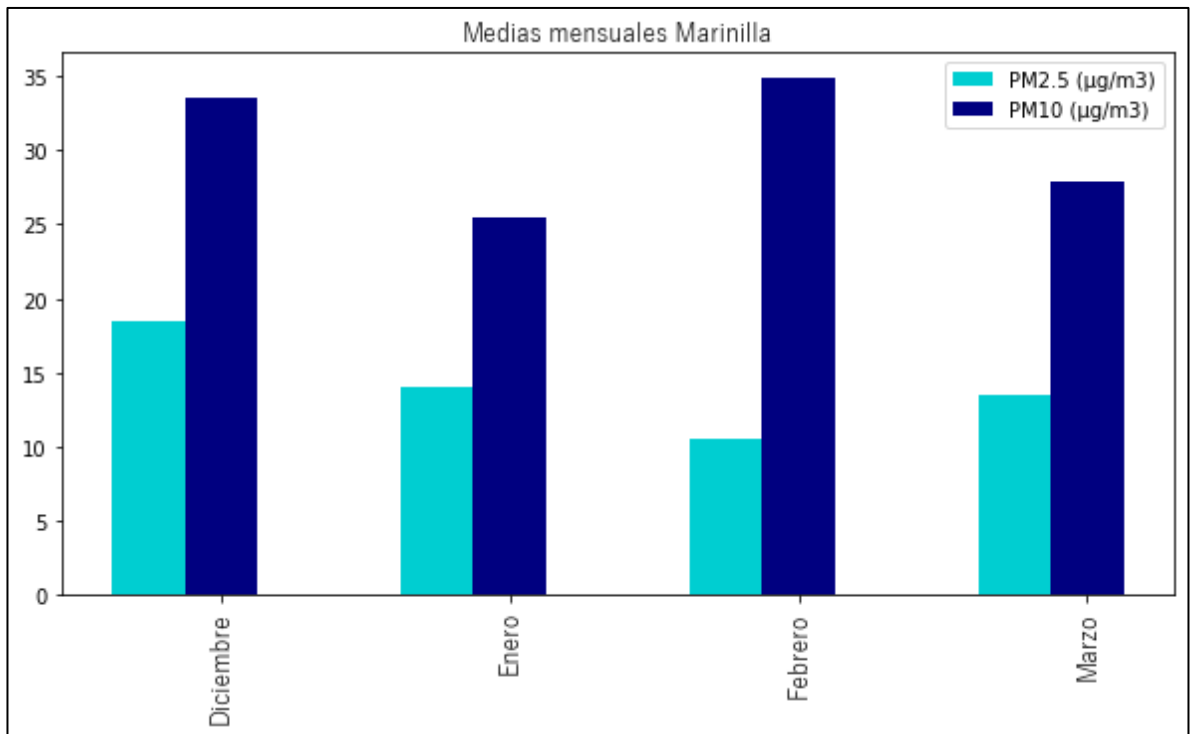
En la Gráfica 25. **Medias mensuales de PM10 y PM2,5, Alcaldía de Guarne.** se observa las medias mensuales de los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en el punto de monitoreo de la Alcaldía de Guarne, se evidencia que, el mes de diciembre presenta la mayor media mensual tanto del PM<sub>2,5</sub> como del PM<sub>10</sub> y el mes de marzo muestra las menores medias mensuales de los dos contaminantes.



Gráfica 25. Medias mensuales de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Alcaldía de Guarne.

#### 7.4.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA

En la Gráfica 26. **Medias mensuales de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Hospital San Jaun de Dios de Marinilla.** se observa las medias mensuales de los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en el punto de monitoreo del Hospital San Juan de Dios de Marinilla, se evidencia que, el mes de diciembre y febrero presentan la mayor media mensual para el PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub> respectivamente. Adicionalmente, los meses de enero y febrero muestra las menores medias mensuales del PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> respectivamente.

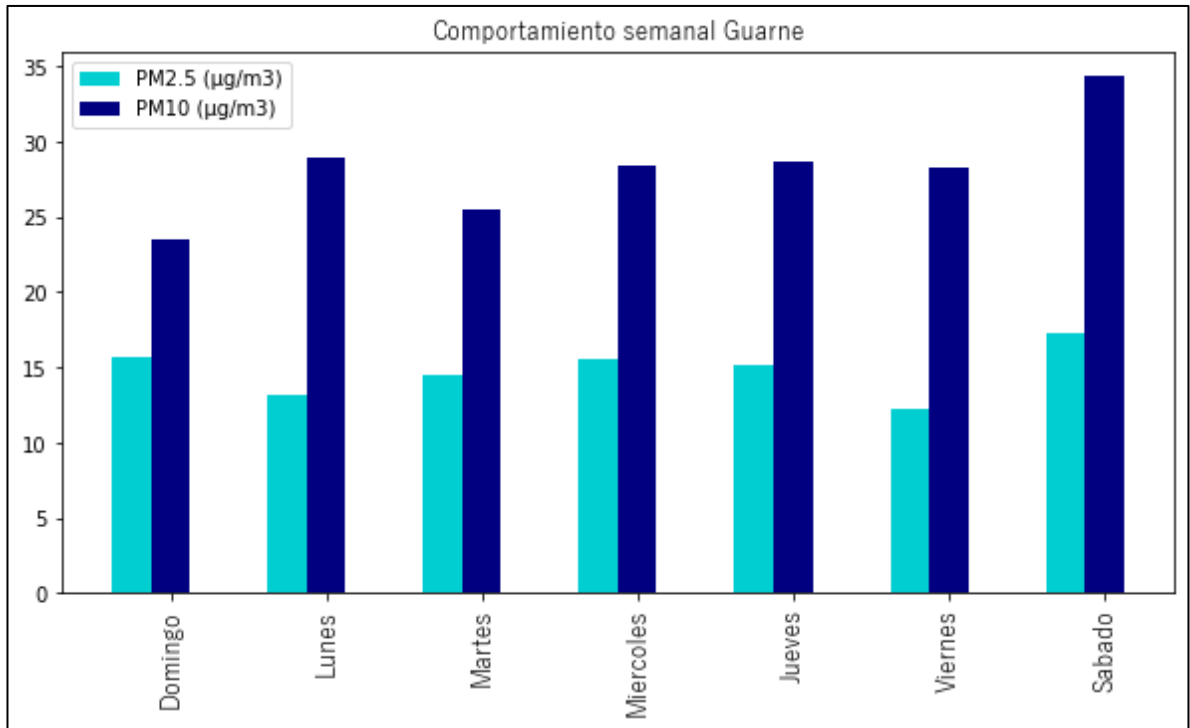


Gráfica 26. Medias mensuales de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Hospital San Jaun de Dios de Marinilla.

## 7.5 COMPORTAMIENTO SEMANAL DE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS – PM<sub>10</sub> Y PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>

### 7.5.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE

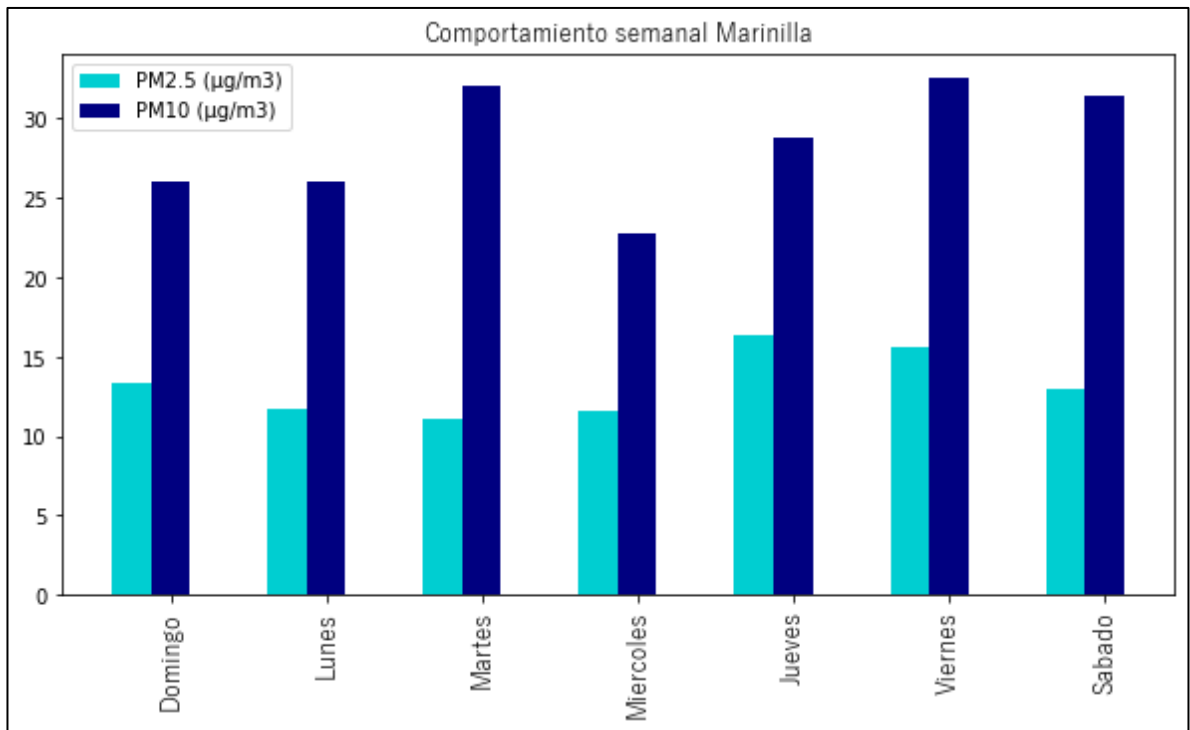
En la Gráfica 27. **Comportamiento semanal de PM10 y PM2,5, Alcaldía de Guarne.** se observa el comportamiento semanal de los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en el punto de monitoreo de la Alcaldía de Guarne, se observa que el día donde más se presenta aumento en las concentraciones de los dos contaminantes es el sábado. Adicionalmente, para el PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> el domingo y el viernes son los días donde menos concentración del contaminante se presenta respectivamente.



Gráfica 27. Comportamiento semanal de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Alcaldía de Guarne.

### 7.5.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA

En la Gráfica 28. **Comportamiento semanal de PM10 y PM2,5, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.** se observa el comportamiento semanal de los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en el punto de monitoreo del Hospital San Juan de Dios de Marinilla, se muestra que el día donde más se presenta aumento en las concentraciones de los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> son el viernes y jueves respectivamente. Por otro lado, los miércoles y martes son los días donde los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> presentan los valores en la semana respectivamente.



Gráfica 28. Comportamiento semanal de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Hospital San Jaun de Dios de Marinilla.

## 8 INDICE DE CALIDAD DE AIRE – ICA

El índice de calidad de aire (ICA) representa una herramienta para interpretación del estado en que se encuentra calidad del aire en un tiempo de exposición específico. El comportamiento de éste se caracteriza por su relación directa con los niveles de concentración del contaminante y los efectos que podrían ser causados sobre la salud de la población. Este indicador fue desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos U.S. EPA, y actualmente se rige en Colombia por la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017.

El indicador es un valor adimensional ubicado en una escala de 0 a 500, la cual se encuentra dividida por categorías de acuerdo con el grado de contaminación del aire. Este indicador está relacionado con la afectación que tiene la contaminación del aire sobre la salud humana.

El cálculo del ICA se realiza a partir de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$ICA = \frac{I_{sup} - I_{inf}}{PQ_{sup} - PQ_{inf}} (C_p - PQ_{inf}) + I_{inf}$$

Donde,

ICA: Índice de calidad del aire

C<sub>p</sub>: Concentración del contaminante crítico.

PQ<sub>sup</sub>: Punto de quiebre mayor o igual a C<sub>p</sub>.

PQ<sub>inf</sub>: Punto de quiebre menor o igual a C<sub>p</sub>.

I<sub>sup</sub>: Valor del ICA correspondiente al PQ<sub>sup</sub>.

I<sub>inf</sub>: Valor del ICA correspondiente al PQ<sub>inf</sub>.

Tabla 15. Puntos de corte ICA

O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1 Hora <sup>1</sup>	O <sub>3</sub> * (µg/m <sup>3</sup> ) 8 horas	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24 Horas	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24 Horas	CO (µg/m <sup>3</sup> ) 8 Horas	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1 Hora	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1 Hora	RANGO ICA
--	0 - 106	0 - 54	0-12	0 - 5094	0 - 93	0-100	0-50
--	107 - 138	55 - 154	13 - 37	5095 - 10819	94 - 197	101 - 189	51-100
245 - 323	139 - 167	155 - 254	38 - 55	10820 - 14254	198 - 486	190 - 677	101-150
324 - 401	168 - 207	255 - 354	56 - 150	14255 - 17688	487 - 797	678 - 1221	151-200
402 - 794	208 - 393	355 - 424	151 - 250	17689 - 34862	798 - 1583	1222 - 2349	201-300
795 - 1185	394	425 - 604	251 - 500	34863 - 57703	1584 - 2629	2350 - 3853	301-500

La Tabla 16. Categorías del Índice de Calidad del Aire. presenta la categorización de los valores del Índice de Calidad del Aire:

**Tabla 16. Categorías del Índice de Calidad del Aire.**

Categorías ICA	Valor Numérico ICA	Significado
<b>Peligrosa</b>	<b>&gt; 300</b>	Es muy probable que la población entera sea afectada y se deben presentar advertencias en la salud por condiciones de emergencia.
<b>Muy Insalubre</b>	<b>201 - 300</b>	En este nivel se debe usar una alarma para prevenir efectos en salud de toda la población, pues todos pueden presentar problemas serios.
<b>Dañina a la salud grupos</b>	<b>151 - 200</b>	Representa un mensaje de advertencia para la población en general y puede generar efectos serios en la salud para grupos sensibles.
<b>Dañina a la salud para grupos sensibles</b>	<b>101 - 150</b>	Representa un mensaje de advertencia para miembros de grupos sensibles. Esto significa que es muy probable que sean afectados por niveles más bajos de contaminación. Por ejemplo, la población con enfermedades del pulmón está en mayor riesgo si se expone al ozono, mientras que las personas con enfermedades de pulmón o con enfermedades cardíacas están en mayor riesgo cuando son expuestas a la contaminación de partículas.
<b>Aceptable</b>	<b>51 - 100</b>	Transmite un mensaje de que la calidad del aire diaria es aceptable desde el punto de vista de salud pública, sin embargo, pueden presentarse síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles
<b>Buena</b>	<b>0 - 50</b>	Transmite un mensaje positivo acerca de la calidad del aire. La calidad del aire se considera satisfactoria, y la contaminación atmosférica plantea bajo riesgo para la salud de la población.

## 8.1 INDICE DE CALIDAD DE AIRE – MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>

### 8.1.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE

La Tabla 17. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>2,5</sub>, Alcaldía de Guarne. presenta el índice de calidad del aire obtenido para el material particulado menor a 2,5 micras – PM<sub>2,5</sub>, los días 3, 13, 18 de enero de 2023, el 05, 11 y 17 de febrero de 2023 y el 01, 04, 07, 10, 13, 16 y 19 de marzo de 2023, presentaron un ICA en categoría “Buena” el cual representa al 39,4% del total de días monitoreados y el 60,6% restante obtuvo un ICA en categoría “Aceptable”.

Tabla 17. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>2,5</sub>, Alcaldía de Guarne.

Fecha	PM <sub>2,5</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2023-12-20	18,2	62	Aceptable
2023-12-22	21,3	68	Aceptable
2023-12-25	25,1	76	Aceptable
2023-12-28	17,2	59	Aceptable
2023-12-31			
2023-01-03	9,2	38	Buena
2023-01-06	14,4	54	Aceptable
2023-01-09	16,9	59	Aceptable
2023-01-12	12,4	50	Buena
2023-01-15			
2023-01-18	12,6	50	Buena
2023-01-21	15,9	57	Aceptable
2023-01-24	21,1	68	Aceptable
2023-01-27	20,9	67	Aceptable
2023-01-30	19,1	63	Aceptable
2023-02-02	20,7	67	Aceptable



Fecha	PM <sub>2,5</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2023-02-05	11,2	47	Buena
2023-02-08	15,6	56	Aceptable
2023-02-11	6,1	26	Buena
2023-02-14	13,6	52	Aceptable
2023-02-17	10,4	44	Buena
2023-02-20	14,9	55	Aceptable
2023-02-23			
2023-02-26	20,9	67	Aceptable
2023-03-01	6,1	25	Buena
2023-03-04	2,3	10	Buena
2023-03-07	3,7	16	Buena
2023-03-10	12,3	50	Buena
2023-03-13	11,9	50	Buena
2023-03-16	7,8	32	Buena
2023-03-19	12,1	49	Buena
2023-03-22	20,9	67	Aceptable
2023-03-25	24,9	75	Aceptable
2023-03-28	16,7	59	Aceptable
2023-03-31	17,6	60	Aceptable

### 8.1.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA

La Tabla 18. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>2,5</sub>, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. presenta el índice de calidad del aire obtenido para el contaminante PM<sub>2,5</sub>, el cual presentó una calidad de aire “Buena” durante el 50,0% del tiempo de estudio (16 de 32 datos válidos) y “Aceptable” durante el 50,0% del tiempo de estudio (16 de 32 datos válidos).

Tabla 18. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>2,5</sub>, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.

Fecha	PM <sub>2,5</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2022-12-20			
2022-12-22			
2022-12-25	21,4	68,0	Aceptable
2023-12-28	14,5	54,0	Aceptable
2023-12-31	19,6	65,0	Aceptable
2023-01-03	9,0	38,0	Buena
2023-01-06	12,8	51,0	Aceptable
2023-01-09	19,8	65,0	Aceptable
2023-01-12	8,8	37	Buena
2023-01-15	7,6	32	Buena
2023-01-18	10,2	43	Buena
2023-01-21	16,1	57	Aceptable
2023-01-24	16,3	58	Aceptable
2023-01-27	21,5	68	Aceptable
2023-01-30	17,7	61	Aceptable
2023-02-02	12,2	49	Buena
2023-02-05	12,0	50	Buena
2023-02-08	7,6	32	Buena
2023-02-11	13,4	52	Aceptable
2023-02-14	8,7	36	Buena
2023-02-17	10,5	44	Buena
2023-02-20	5,7	24	Buena
2023-02-23			
2023-02-26	14,4	54	Aceptable
2023-03-01	8,3	34	Buena
2023-03-04	8,5	35	Buena
2023-03-07	14,0	53	Aceptable
2023-03-10	11,4	47	Buena
2023-03-13	10,5	44	Buena

Fecha	PM <sub>2,5</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2023-03-16	13,8	53	Aceptable
2023-03-19	9,1	38	Buena
2023-03-22	15,0	55	Aceptable
2023-03-25	20,5	66	Aceptable
2023-03-28	10,6	44	Buena
2023-03-31	25,9	77	Aceptable

## 8.2 INDICE DE CALIDAD DE AIRE – MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS – PM<sub>10</sub>

### 8.2.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, ALCALDÍA DE GUARNE

La Tabla 19. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>10</sub>, Alcaldía de Guarne. presenta el índice de calidad del aire obtenido para el material particulado menor a 10 micras – PM<sub>10</sub>, donde se presentó una calidad de aire “Buena” el 100% del tiempo de monitoreo.

Tabla 19. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>10</sub>, Alcaldía de Guarne.

Fecha	PM <sub>10</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2023-12-20	33,4	30	Buena
2023-12-22	33,6	31	Buena
2023-12-25	31,6	29	Buena
2023-12-28	25,7	23	Buena
2023-12-31	41,1	38	Buena
2023-01-03	18,1	16	Buena
2023-01-06	26,4	24	Buena
2023-01-09	26,1	24	Buena
2023-01-12	24,8	22	Buena
2023-01-15			
2023-01-18	28,0	25	Buena

Fecha	PM <sub>10</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2023-01-21	26,3	24	Buena
2023-01-24	36,0	33	Buena
2023-01-27	41,5	38	Buena
2023-01-30	33,6	31	Buena
2023-02-02	35,9	33	Buena
2023-02-05	27,5	25	Buena
2023-02-08	31,2	28	Buena
2023-02-11	30,5	28	Buena
2023-02-14	24,5	22	Buena
2023-02-17	19,1	17	Buena
2023-02-20	22,5	20	Buena
2023-02-23			
2023-02-26	42,1	38	Buena
2023-03-01	21,1	19	Buena
2023-03-04	14,9	13	Buena
2023-03-07	32,9	30	Buena
2023-03-10	21,7	20	Buena
2023-03-13	12,0	11	Buena
2023-03-16	19,3	17	Buena
2023-03-19	36,1	33	Buena
2023-03-22	21,2	19	Buena
2023-03-25	41,2	38	Buena
2023-03-28			
2023-03-31	34,7	32	Buena

### 8.2.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA

Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA

Dirección: Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ Dirección de correspondencia: Calle 70 No. 52 - 21

Teléfono: [57+4] 219 5592 ▪ Correo electrónico: [laboratorigi@udea.edu.co](mailto:laboratorigi@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia

La Tabla 20. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>10</sub>, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. presenta el índice de calidad del aire obtenido para el contaminante PM<sub>10</sub>, el cual presentó una calidad de aire “Buena” durante el 100% del tiempo de monitoreo.

**Tabla 20. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>10</sub>, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.**

Fecha	PM <sub>10</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2022-12-20	40,5	37	Buena
2022-12-22	41,9	38	Buena
2022-12-25	25,9	24	Buena
2023-12-28	21,3	19	Buena
2023-12-31	38,4	35	Buena
2023-01-03	9,6	8	Buena
2023-01-06	15,1	13	Buena
2023-01-09	21,2	19	Buena
2023-01-12	14,5	13	Buena
2023-01-15	13,0	12	Buena
2023-01-18	12,0	11	Buena
2023-01-21	48,7	45	Buena
2023-01-24	46,3	42	Buena
2023-01-27	41,4	38	Buena
2023-01-30	33,0	30	Buena
2023-02-02	33,1	30	Buena
2023-02-05	39,7	36	Buena
2023-02-08	41,2	38	Buena
2023-02-11	24,1	22	Buena
2023-02-14	24,2	22	Buena
2023-02-17	27,4	25	Buena
2023-02-20	38,9	36	Buena
2023-02-23			
2023-02-26	50,4	46	Buena
2023-03-01	37,1	34	Buena
2023-03-04	17,9	16	Buena

Fecha	PM <sub>10</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2023-03-07	24,9	23	Buena
2023-03-10	18,8	17	Buena
2023-03-13	10,8	9	Buena
2023-03-16	20,8	19	Buena
2023-03-19	28,0	25	Buena
2023-03-22	48,9	45	Buena
2023-03-25	33,5	30	Buena
2023-03-28	25,2	23	Buena
2023-03-31	41,3	38	Buena

## 9 CONCLUSIONES

- Las concentraciones de partículas menores a 2,5 micras (PM<sub>2,5</sub>) de las estaciones ubicadas en la subregión Valles de San Nicolás, son menores al nivel máximo permisible diario establecido en la normativa colombiana para este tipo de contaminantes (Resolución 2254 de 2017 del MADS), lo que quiere decir que no se presentaron excedencias para este contaminante criterio.
- Las concentraciones de partículas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>) de las estaciones ubicadas en la subregión Valles de San Nicolás, son menores al nivel máximo permisible diario establecido en la normativa colombiana para este tipo de contaminantes (Resolución 2254 de 2017 del MADS), lo que quiere decir que no se presentaron excedencias para este contaminante criterio.

- El Índice de Calidad del Aire (ICA) para  $PM_{2,5}$  en los Guarne indicó que, durante los días muestreados, en la mayor parte del tiempo, se presentó un ICA categorizado en “Aceptable”, que personas especialmente sensibles pueden presentar síntomas respiratorios ante la exposición a los contaminantes. Sin embargo, la otra parte del tiempo se clasificó en “Buena”, el cual es representativo de que la contaminación atmosférica representó un riesgo bajo o nulo para la salud.
- El Índice de Calidad del Aire (ICA) para  $PM_{2,5}$  en Marinilla indicó que, la mitad de los días muestreados, se presentó un ICA categorizado en “Buena”, el cual es representativo de que la contaminación atmosférica representó un riesgo bajo o nulo para la salud. Y la otra mitad, se clasificó en categoría “Aceptable”, que personas especialmente sensibles especialmente sensibles pueden presentar síntomas respiratorios ante la exposición a los contaminantes.
- El Índice de Calidad del Aire (ICA) para  $PM_{10}$  en los dos puntos de monitoreo indicó que, durante los días muestreados, en la totalidad del tiempo, se presentó un ICA categorizado en “Buena”, el cual es representativo de que la contaminación atmosférica representó un riesgo bajo o nulo para la salud.
- En la estación ubicada en la Alcaldía de Guarne se puede notar tres picos representativos en las concentraciones tanto de  $PM_{10}$  como de  $PM_{2,5}$  en las muestras. El primer pico se presenta en diciembre de 2022, este aumento en ambos contaminantes puede estar relacionado con las actividades y celebraciones decembrinas, así como una mayor circulación de vehículos y afluencia de visitantes. El segundo pico se presenta, a finales de enero e inicios de febrero, el cual puede estar relacionado con el aumento de incendios forestales debido a las altas temperaturas y baja presencia de precipitaciones. Por último, el tercer pico se encuentra a

finales del mes de marzo el cuál está relacionado con las condiciones del punto de monitoreo donde se encuentra ubicado.

- En la estación del Hospital San Juan de Dios de Marinilla se nota un aumento en las concentraciones de ambos contaminantes, para el material particulado menor a 10 micras se presentó a finales de enero y durante todo el mes de febrero y para el material particulado menor a 2,5 se dio entre finales de enero y principios de febrero. Este aumento puede estar relacionado con el aumento de incendios forestales debido a las altas temperaturas y baja presencia de precipitaciones. Adicionalmente, para el  $PM_{2,5}$  se presentó un pico a finales de marzo el cual se relaciona con las condiciones del punto de monitoreo,
- En las estaciones ubicadas en la subregión Valles de San Nicolas los vientos se ubican en su mayoría en el intervalo denominado “ventolina” en la escala de vientos de Beaufort, el cual es representativo de velocidades bajas; sin embargo, en las dos estaciones se presentan velocidades de vientos con magnitudes altas y un bajo porcentaje de vientos en calmas, lo que puede significar un aporte en la dispersión de partículas contaminantes en el aire, sin embargo, es importante tener en cuenta la dirección del viento y la ubicación de las fuentes de emisión para establecer el aporte en la dispersión.



## 10 RESPONSABILIDAD

Aprueba

OLGA CELILIA BERRÍO ÁLVAREZ

Director técnico LABGIGA

Química

Tarjeta profesional PQ-2439

Autoriza

DAVID AGUIAR GIL

Coordinador LABGIGA

Ingeniero Sanitario

Tarjeta profesional 05237-164753 ANT

*Este documento se ha enviado con protecciones de modificación y sólo podrá ser alterado o modificado por el LABGIGA,*

El LABGIGA no se hace responsable por la información que sea suministrada por el cliente para la elaboración de este informe. Los resultados de este informe son válidos únicamente para las muestras tomadas por el LABGIGA, son de carácter confidencial y de propiedad del cliente. El Laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de estos resultados.

Este informe no debe reproducirse sin la aprobación del laboratorio, excepto en su totalidad.

*Laboratorio acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM- para producir información cuantitativa, física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, según Resolución No. 0651 del 02 de julio de 2021 en las matrices agua, calidad del aire y ruido.*

## 11 NOTAS DE CAMBIO

N°	BREVE DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO	FECHA aaaa-mm-dd
01	No aplica para la primera versión	2023-05-15

## 12 BIBLIOGRAFÍA

- ENVIRONMENTAL PROTECCIÓN AGENCY. Guideline for reporting of daily air quality – Air Quality Index. Office of Air Quality Planning and Standards. 2006.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Protocolo para la vigilancia y seguimiento del módulo aire del sistema de información ambiental. Bogotá, 2005.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Protocolo para el muestreo y seguimiento de la calidad del aire. Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire. Bogotá, 2010.
- COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 948 (5 de junio de 1995). Por el cual se reglamentan parcialmente, la Ley 23 de 1973; los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2254 (01 de noviembre de 2017). Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.

Los Anexos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 hacen parte del informe técnico.

Fin del Informe Técnico

## ANEXOS

Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA

**Dirección:** Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ **Dirección de correspondencia:** Calle 70 No. 52 - 21

**Teléfono:** [57+4] 219 5592 ▪ **Correo electrónico:** [laboratoriogiga@udea.edu.co](mailto:laboratoriogiga@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia

## ANEXO 1. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

## ANEXO 2. RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN LABGIGA

### ANEXO 3. RESOLUCIÓN ACREDITACIÓN LABORATORIOS SUBCONTRATADOS

#### ANEXO 4. RESULTADOS LABORATORIO

## ANEXO 5. REPORTES A SISAIRE



## ANEXO 6. BASES DE DATOS